ISSN: 1646-9895

risti

Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Março 20 • March 20



©AISTI 2020 http://www.aisti.eu

Nº E27

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Edição / Edition
N.º E27, 03/2020

ISSN: 1646-9895

Indexação / Indexing
Academic Journals Database, CiteFactor, Dialnet, DOAJ, DOI, EBSCO, GALE, Index-Copernicus, Index of Information Systems Journals, Latindex, ProQuest, QUALIS, SCImago, SCOPUS, SIS, Ulrich's.

Propriedade e Publicação / Ownership and Publication
AISTI – Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Rua Quinta do Roseiral 76, 4435-209 Rio Tinto, Portugal
E-mail: aistic@gmail.com
Web: http://www.aisti.eu

Director
Álvaro Rocha, Universidade de Coimbra, PT

Coordenadores da Edição / Issue Coordinators
Teresa Guarda, Universidad Estatal Península de Santa Elena, EC

Conselho Editorial / Editorial Board
Carlos Ferrás Sexto, Universidad de Santiago de Compostela, ES
Gonçalo Paiva Dias, Universidade de Aveiro, PT
Jose Antonio Calvo-Manzano Villalón, Universidad Politécnica de Madrid, ES
Manuel Pérez Cota, Universidad de Vigo, ES
Ramiro Gonçalves, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, PT

Conselho Científico / Scientific Board
A. Augusto Sousa, FEUP, Universidade do Porto, PT
Adolfo Lozano-Tello, Universidad de Extremadura, ES
Adrián Hiebra Pardo, Universidad de Santiago de Compostela, ES
Adriano Pasqualotti, Universidade de Passo Fundo, BR
Alberto Fernández, Universidad Rey Juan Carlos, ES
Alberto Freitas, FMUP, Universidade do Porto, PT
Alcinia Zita Sampaio, IST, Universidade de Lisboa, PT
Alejandro Medina, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, MX
Alejandro Peña, Escuela de Ingeniería de Antioquia, CO
Alexandre L'Erario, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, BR
Alicia García-Holgado, Universidad de Salamanca, ES
Alma Gomez-Rodríguez, Universidade de Vigo, ES
Ana Amélia Carvalho, Universidade de Coimbra, PT
Ana Azevedo, Instituto Politécnico do Porto, PT
Ana Isabel Veloso, Universidade de Aveiro, PT
Ana Maria Correia, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, PT
Ana Paula Afonso, Instituto Politécnico do Porto, PT
Anabela Mesquita, Instituto Politécnico do Porto, PT
Anacleto Correia, Escola Naval, PT

Andreia Bos, Instituto Federal do Rio Grande do Sul, BR
Angelica Caro, Universidad del Bío-Bío, CL
Ana Calvão, Universidade de Aveiro, PT
Ana Carla Amaro, Universidade de Aveiro, PT
Ana Melro, Universidade de Aveiro, PT
Ania Cravero, Universidad de La Frontera, CL
Aníbal Zaldivar-Colado, Universidad Autonoma de Sinaloa, MX
Antoni Lluis Mesquida Calafat, Universidad de les Illes Balears, ES
António Coelho, FEUP, Universidade do Porto, PT
Antonio Fernández-Caballero, Unversidad de Castilla-La Mancha, ES
António Godinho, ISLA-Gaia, PT
Antonio Jesus Garcia Loureiro, Universidad de Santiago de Compostela, ES
Antonio Jiménez-Martín, Universidad Politécnica de Madrid, ES
António Manuel Andrade, Universidade Católica Portuguesa, PT
António Palma dos Reis, ISEG, Universidade de Lisboa, PT
António Pedro Costa, Universidade de Aveiro, PT
António Pereira, Instituto Politécnico de Leiria, PT
António Teixeira, Universidade de Aveiro, PT
Armando Mendes, Universidade dos Açores, PT
Arnaldo Martins, Universidade de Aveiro, PT
Arturo J. Méndez, Universidad de Vigo, ES
August Climent Ferrer, La Salle Open University, AD
Baltasar García Pérez-Schofield, Universidad de Vigo, ES
Beatriz Rodríguez, Universidad de la Republica, UY
Beatriz Sainz de Abajo, Universidad de Valladolid, ES
Bernabé Escobar-Pérez, Universidad de Sevilla, ES
Borga Bordel, Universidad Politécnica de Madrid, ES
Boris Almonacid, Global Change Science, CL
Bráulio Alturas, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT
Brenda L. Flores-Rios, Universidad Autónoma de Baja California, MX
Brígida Mónica Faria, ESS, Instituto Politécnico do Porto, PT
Carlos Alexandre Silva, Instituto Federal de Minas Gerais, PT
Carlos Costa, Universidade de Aveiro, PT
Carlos Carreto, Instituto Politécnico da Guarda, PT

Carlos Morais, Instituto Politécnico de Bragança, PT
Carlos Vaz de Carvalho, Instituto Politécnico do Porto, PT
Carmen Galvez, Universidad de Granada, ES
Carlos Rabadão, Politécnico de Leiria, PT
Carlos Rompante Cunha, Politécnico de Bragança, PT
Ciro Martins, Universidade de Aveiro, PT
Claudio de la Riva, Universidade de Oviedo, ES
Cristina M.R. Caridade, ISEC, Politécnico de Coimbra, PT
Daniel Polónia, Universidade de Aveiro, PT
David Fonseca, Universitat Ramon Llull, ES
David Luis La Red Martínez, Universidad Nacional del Nordeste, AR
David Ramos Valcarcel, Universidad de Vigo, ES
Debora Paiva, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, BR
Diana Lancheros-Cuesta, Universidad de La Salle / Universidad Cooperativa de Colombia, CO
Diego Ordóñez-Camacho, Universidad Tecnológica Equinoccial, EC
Dora Simões, Universidade de Aveiro, PT
Edna Dias Canedo, Universidade de Brasília, BR
Eduardo Amadeu Dutra Moresi, Universidade Católica de Brasília, BR
Eduardo Sánchez Vila, Universidad de Santiago de Compostela, ES
Emiliano Reynares, CIDISI - UTN FRSF - CONICET, AR
Enric Mor, Universitat Oberta de Catalunya, ES
Erika Upegui, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, CO
Eusébio Ferreira da Costa, Escola Superior de Tecnologias de Fafe, PT
Fábio Marques, Universidade de Aveiro, PT
Feliz Gouveia, Universidade Fernando Pessoa, PT
Fernando Bandeira, Universidade Fernando Pessoa, PT
Fernando Bobillo, Universidad de Zaragoza, ES
Fernando Moreira, Universidade Portucalense, PT
Fernando Paulo Belfo, ISCAC, Politécnico de Coimbra, PT
Fernando Ramos, Universidade de Aveiro, PT
Fernando Ribeiro, Politécnico de Castelo Branco, PT
Filipe Caldeira, Politécnico de Viseu, PT
Filipe Montargil, Politécnico de Lisboa, PT

Filipe Portela, Universiade do Minho, PT
Francisco Javier Lena-Acebo, Universidad de Cantabria, ES
Francisco Restivo, Universidade Católica Portuguesa, PT
Franyelit María Suárez, Universidad UTE, EC
Gabriel Alberto García-Mireles, Universidad de Sonora, MX
Gabriel Guerrero-Contreras, Universidade de Cádiz, ES
Gerardo Gonzalez Filgueira, Universidad da Coruña, ES
Germano Montejano, Universidad Nacional de San Luis, AR
Guilhermina Lobato Miranda, Universidade de Lisboa, PT
Hélder Gomes, Universidade de Aveiro, PT
Hélder Zagalo, Universidade de Aveiro, PT
Helena Garbarino, Universidad ORT Uruguay, UY
Hélia Guerra, Universidade dos Açores, PT
Henrique S. Mamede, Universidade Aberta, PT
Higino Ramos, Universidad de Salamanca, ES
Inês Domingues, CI-IPOP, PT
Isabel Pedrosa, Instituto Politécnico de Coimbra, PT
Isabel Lopes, Politécnico de Bragança, PT
Isaura Ribeiro, Universidade dos Açores, PT
Isidro Calvo, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), ES
Ismael Etxeberria-Agiriano, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), ES
Ivaldir de Farias Junior, Universidade de Pernambuco, BR
Ivan Garcia, Universidad Tecnologica de la Mixteca, MX
João Paulo Ferreira, ISEC, Politécnico de Coimbra, PT
João Reis, Universidade de Aveiro, PT
João Roberto de Toledo Quadro, CEFET/RJ, BR
Jacinto Estima, Universidade Europeia, PT
Javier Garcia Tobio, CESGA-Centro de Supercomputacion de Galicia, ES
Javier Medina, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, CO
Jeimy Cano, Universidad de los Andes, CO
Jezreel Mejia, Centro de Investigación en Matemática (CIMAT), MX
João Balsa, FC, Universidade de Lisboa, PT
João Paulo Costa, Universidade de Coimbra, PT
João Rocha da Silva, FEUP, Universidade do Porto, PT

João Tavares, FEUP, Universidade do Porto, PT
Joaquim Ferreira, Universidade de Aveiro, PT
Joaquim Madeira, Universidade de Aveiro, PT
Joaquim Pinto, Universidade de Aveiro, PT
Joaquim Reis, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT
Jorge Bernardino, ISEC, Politécnico de Coimbra, PT
Jorge da Silva Correia-Neto, Universidade Federal Rural de Pernambuco, BR
Jorge Pires, IBM R&D Labs - Prague, CZ
Jose Alfonso Aguilar, Universidad Autonoma de Sinaloa, MX
José Alvarez-Garcia, Universidad de Extremadura, ES
José Borbinha, IST, Universidade de Lisboa, PT
José Braga de Vasconcelos, Universidade Atlântica, PT
José Carlos Ribeiro, Politécnico de Leiria, PT
José Cascalho, Universidade dos Açores, PT
José Felipe Cocón Juárez, Universidad Autónoma del Carmen, MX
Jose J. Pazos-Arias, Universidad de Vigo, ES
José Luis Pardo Díaz, Global School of Business. Empowement and Entrepreunership, ES
José Luís Pereira, Universidade do Minho, PT
José Luís Silva, Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL), PT
José Paulo Lousado, Instituto Politécnico de Viseu, PT
José Luis Pestrana Brincones, Universidad de Málaga, ES
José Luís Reis, ISMAI - Instituto Superior da Maia, PT
Jose M Molina, Universidad Carlos III de Madrid, ES
José Machado, Universidade do Minho, PT
Jose Maria Alvarez Rodríguez, Universidad Carlos III de Madrid, ES
Jose Maria de Fuentes, Universidad Carlos III de Madrid, ES
Jose R. R. Viqueira, Universidade de Santiago de Compostela, ES
José Silvestre Silva, Academia Militar, PT
José Torres, Universidade Fernando Pessoa, PT
Josep M. Marco-Simó, Universitat Oberta de Catalunya, ES
Juan Angel Contreras Vas, Universidad de Extremadura, ES
Juan D'Amato, PLADEMA-UNCPBA-CONICET, AR
Juan M. Santos Gago, Universidad de Vigo, ES

Juan Manuel Fernández-Luna, Universidad de Granada, ES
Jugurta Lisboa-Filho, Universidade Federal de Viçosa, BR
Leila Weitzel, Universidade Federal Fluminense, BR
Leonardo Bermon, Universidad Nacional de Colombia, CO
Leticia Morales Trujillo, Universidad de Sevilla, ES
Lucila Ishitani, PUC Minas, BR
Lucila Romero, Universidad Nacional del Litoral, AR
Luis Alvarez Sabucedo, Universidad de Vigo, ES
Luís Bruno, Instituto Politécnico de Beja, PT
Luís Cavique, Universidade Aberta, PT
Luis Chamba Eras, Universidad Nacional de Loja, EC
Luís Ferreira, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave, PT
Luis Enrique Sánchez Crespo, Universidad de Castilla-La Mancha, ES
Luis Vilán-Crespo, Universidad de Vigo, ES
Luisa María Romero-Moreno, Universidad de Sevilla, ES
Luisa Miranda, Instituto Politécnico de Bragança, PT
Lus Sussy Bayona Ore, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, PE
Magdalena Arcilla Cobián, Universidade Nacional de Educación a Distancia, ES
Manuel Fernández-Veiga, Universidad de Vigo, ES
Manuel Jose Fernandez Iglesias, Universidad de Vigo, ES
Marcelo Marciszack, Universidad Tecnológica Nacional, AR
Marcelo de Paiva Guimarães, Universidade Federal de São Paulo, BR
Marco Painho, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, PT
Mari de los Milagros Gutierrez, Universidad Tecnológica Nacional, AR
Maria Amelia Eliseu, Mackenzie Presbyterian University, BR
Maria Cecília Rosa, Politécnico da Guarda, PT
Maria Cristina Marcelino Bento, UNIFATEA, BR
Maria do Rosário Bernardo, Universidade Aberta, BR
Maria Helena Garcia Ruiz, Universidad de Camtabria, ES
María J. Lado, Universidad de Vigo, ES
Maria João Ferreira, Universidade Portucalense, PT
Maria João Gomes, Universidade do Minho, PT
Maria José Angélico, Instituto Politécnico do Porto, PT
Maria José Sousa, Universidade Europeia, PT

Marisol B. Correia, Universidade do Algarve, PT
Maristela Holanda, Universidade de Brasília, BR
Martín Llamas Nistal, Universidad de Vigo, ES
Martín López Nores, Universidad de Vigo, ES
Matías García Rivera, Universidad de Vigo, ES
Mercedes Ruiz, Universidad de Cádiz, ES
Miguel A. Brito, Universidade do Minho, PT
Miguel Bugalho, Universidade Europeia, PT
Miguel Casquilho, IST, Universidade de Lisboa, PT
Mirna Ariadna Muñoz Mata, Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT), MX
Nelson Rocha, Universidade de Aveiro, PT
Nuno Lau, Universidade de Aveiro, PT
Nuno Melão, Politécnico de Viseu, PT
Nuno Ribeiro, Universidade Fernando Pessoa, PT
Oscar Mealha, Universidade de Aveiro, PT
Patrícia Cabral de Azevedo Tedesco, Universidade Federal de Pernambuco, BR
Patricia Dias, Universidade do estado de Minas Gerais, BR
Patrícia Oliveira, Universidade de Aveiro, PT
Paula Prata, Universidade da Beira Interior, PT
Paulo Martins, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, PT
Paulo Pinto, FCT, Universidade Nova de Lisboa, PT
Paulo Rurato, Universidade Fernando Pessoa, PT
Paulo Urbano, FC, Universidade de Lisboa, PT
Pedro Araújo, Universidade da Beira Interior, PT
Pedro Fernandes, Instituto Superior Miguel Torga, PT
Pedro Sánchez Palma, Universidad Politécnica de Cartagena, ES
Pedro Sanz Angulo, Universidad de Valladolid, ES
Pedro Sobral, Universidade Fernando Pessoa, PT
Pedro Sousa, Universidade do Minho, PT
Pilar Mareca Lopez, Universidad Politécnica de Madrid, ES
Rui Rodrigues, Instituto Superior Miguel Torga, PT
Ramiro Delgado, Universidad de las Fuerzas Armadas, EC
Ramon Alcarria, Universidad Politécnica de Madrid, ES
Raul Laureano, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT

Ricardo J. Rodríguez, Universidad de Zaragoza, ES
Ricardo Linden, FSMA, BR
Rita Oliveira, Universidade de Aveiro, PT
Rita Santos, Universidade de Aveiro, PT
Roberto Theron, Universidad de Salamanca, ES
Rodolfo Miranda Barros, Universidade Estadual de Londrina, BR
Rodrigo Rocha Silva, Universidade de Coimbra, PT
Rogerio Garcia, Universidade Estadual Paulista, BR
Román Lara, Universidad de las Fuerzas Armadas, EC
Rubén González Crespo, Universidad Internacional de La Rioja, ES
Rui Cruz, IST, Universidade de Lisboa, PT
Rui José, Universidade do Minho, PT
Rui Pedro Marques, Universidade de Aveiro, PT
Rui Pitarma, Politécnico da Guarda, PT
Rui S. Moreira, Universidade Fernando Pessoa, PT
Rute Abreu, Politécnico da Guarda, PT
Samuel Sepúlveda, Universidad de La Frontera, CL
Samuel Silva, Universidade de Aveiro, PT
Santiago Gonzales Sánchez, Universidad Inca Garcilaso de la Vega, PE
Sara Balderas-Díaz, Universidad de Cádiz, ES
Sara Paiva, Politécnico de Viana do Castelo, PT
Saulo Barbara de Oliveira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR
Sérgi F. Lopes, Universidade do Minho, PT
Sergio Gálvez Rojas, Universidad de Málaga, ES
Sérgio Guerreiro, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, PT
Sérgio Nunes, ISEG, Universidade de Lisboa, PT
Silvia Fernandes, Universidade do Algarve, PT
Solange N Alves de Souza, Universidade de São Paulo, BR
Telmo Silva, Universidade de Aveiro, PT
Teresa Guarda, Universidad Estatal Península de Santa Elena, EC
Thiago Dias, CEFET-MG, BR
Valéria Farinazzo Martins, Universidade Presbiteriana Mackenzie, BR
Vania Baldi, Universidade de Aveiro, PT
Verónica Vasconcelos, ISEC, Politécnico de Coimbra, PT

Victor Flores, Universidad Católica del Norte, CL
Victor Hugo Medina Garcia, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, CO
Vitor Carvalho, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave, PT
Vitor Santos, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, PT
Wagner Tanaka Botelho, Universidade Federal do ABC, BR
Xose A. Vila, Universidad de Vigo, ES

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 19/10/2019
Aceitação/Acceptance: 25/12/2019

Editorial

Inovação e Sociedade Global de Informação Sustentável

Innovation and Global Sustainable Information Society

Teresa Guarda[1]

tguarda@gmail.com

[1] Universidad Estatal Península de Santa Elena – UPSE, La Libertad, Ecuador

Pages: xi–xii

Introdução

A inovação pode ser entendida como uma variável estratégica para a competitividade de estados e organizações. Estes devem enfrentar as mudanças causadas pela inovação, levando em consideração a situação socioeconómica do país e suas especificidades geopolíticas e geoestratégicas.

As tecnologias da informação têm demonstrado uma capacidade cada vez maior de realizar operações com as quais nem poderíamos sonhar algumas décadas atrás. Durante esse período, testemunhamos um crescimento constante da interconectividade de agentes em uma próspera rede global, na qual a capacidade algorítmica dos nós e a intensidade da interação aumentavam continuamente. Como consequência, essa rede global evolui como um ecossistema em que nossas vidas estão cada vez mais imersas e nossos destinos estão cada vez mais emaranhados, como acontece com as vidas dos organismos que evoluem em um denso ecossistema. A questão é se as condições dessa vida global são dadas para evoluir em direção a um futuro sustentável. Ou seja, um futuro em que as necessidades da chamada sociedade da informação possam ser atendidas, um futuro sustentável sem exclusão e opressão, um futuro sustentável em que devolvemos à natureza mais do que aceitamos. O design, desenvolvimento e implementação das tecnologias e sistemas da informação tem uma consequência profunda sobre essa dinâmica. O desenvolvimento tecnológico não é um fim em si, tem que provar a sua

aplicabilidade na solução das necessidades humanas, na construção de uma sociedade da informação sustentável em escala global.

Esta edição do RISTI inclui tópicos de investigação multidisciplinares que cobrem paradigmas, metodologias de transferência de conhecimento e estratégias de inovação que usam conhecimento e inteligência num sentido amplo, que podem ser aplicadas à solução de problemas globais em nível de governo, organização, indústria, meio ambiente e comunidade.

Estrutura

Os artigos apresentados nesta edição foram selecionados de entre os artigos aceites na Conferência Internacional de Tecnologia da Informação & Sistemas (ICITS'20), realizada na Universidade Distrital Francisco José de Caldas, em Bogotá, Colômbia, de 5 a 7 de fevereiro de 2020.

A Conferência Internacional de Tecnologia da Informação & Sistemas (ICITS'20), é um fórum internacional para investigadores e profissionais, para apresentarem e discutirem as mais recentes inovações, tendências, resultados, experiências e preocupações nas diversas perspectivas das Tecnologias da Informação & Sistemas. Também incluiu várias sessões de workshops paralelos aos da conferência: o terceiro Workshop Internacional sobre Mídia, Tecnologia Aplicada e Comunicação (WMETACOM'20); e o quarto Workshop Internacional sobre Informação e Conhecimento na Internet das Coisas (IKIT 2020).

O conjunto de artigos publicados neste número especial da RISTI, foi o resultado da seleção de alguns trabalhos apresentados pelos autores dos Workshops e de outros da conferência principal.

Esta edição especial da Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação (RISTI), aborda questões multidisciplinares relacionadas com: Informação e Gestão do Conhecimento; Modelos Organizacionais e Sistemas de Informação; Modelagem de Software e Sistemas; Sistemas de Software, Arquiteturas, Aplicações e Ferramentas; Sistemas Multimedia e Aplicações; Redes de Computadores, Mobilidade e Sistemas Pervasivos; Sistemas Inteligentes e de Apoio à Decisão; Análise e Aplicações de Big Data; Interação Humem-Computador; Ética, Computadores e Segurança; Informática em Saúde; Tecnologias da Informação na Educação; Sistemas e Tecnologias de Antenas.

Agradecimentos

Esta introdução é concluída, expressando a nossa gratidão a todos os autores e revisores envolvidos nesta edição especial, esperando que este número da RISTI se revele uma leitura útil agradável para todos.

Un agradecimiento especial À AISTI, e a todas as entidades que contribuiram neste empreendimento, tornando a RISTI uma referência: Academic Journals Database, CiteFactor, Compendex, Dialnet, DOAJ, DOI, EBSCO, GALE, IndexCopernicus, Index of Information Systems Journals, ISI Web of Knowledge, Latindex, ProQuest, CUALIS, SciELO, SCImago y Scopus.

Índice / Index

EDITORIAL

Inovação e Sociedade Global de Informação Sustentável xi
Teresa Guarda

ARTIGOS / ARTICLES

Propuesta de una plataforma académica portable
para la construcción de microservicios en entornos de IoT 1
Gabriel Elías Chanchí G., Luz Marina Sierra M., Wilmar Yesid Campo M.

La gestión de la información es factor determinante
para elaborar estrategias innovadoras en política pública 14
Augusto Bernal, Teresa Guarda

Propuesta de una Arquitectura IoT para el
control domótico e inmótico de edificaciones 28
Cristian Alejandro Rojas T., Gabriel Elías Chanchí G., Katerine Márceles Villalba

Automatización del proceso de evaluación de los
trabajadores a través de la plataforma Bizagi 41
Andrade Vera Alicia Germania

Multiópticas docentes sobre las tecnologías de
la información y comunicación en universidades del Ecuador 54
Paola Cortez, Luis Espinosa, Wilson Toro, Jimmy Ramírez

Implementación del módulo Pineapple Tetra para un proceso
de auditorías mediante suplantación de APS en la banda 2,4 y 5 GHz 65
*Luis Amaya, Washington Reyes, Alexis Rocha, Alfredo Tumbaco, Washington Torres,
Luis Chuquimarca, Monica Jaramillo*

Educación intercultural crítica: de la integración
a la construcción de una ciudadanía común 78
Enrique Javier Díez Gutiérrez

Proyecto glossaLab.edu: Integrando y Co-creando
Aprendizaje Mediante Glosarios Interdisciplinares 95
*Teresa Guarda, Enrique Javier Díez-Gutiérrez, José María Díaz-Nafría,
Iván Coronel,Maria Fernanda Augusto, Carolina Lituma, Daniel Quirumbay*

Las Tecnologías de Apoyo en la Smart City desde un Enfoque Social 110
Manuel García-Ortiz, Isaac Seoane-Pujol, Teresa Guarda

Sistemas de automatización de bajo costo para
la integración industrial de plantas basadas en AMQP 121
*William Montalvo, Erick S. Llamuca, Freddy G. Benalcazar,
Carlos A. Garcia, Marcelo V. Garcia*

MIDRA-OAA: Middleware Reflexivo Autonómico para
la gestión de Objetos de Aprendizaje Adaptativos 135
Guevara Carlos, Aguilar Jose, García Rodrigo

Análisis de las contradicciones en las competencias
profesionales en los textos digitales usando lógica dialéctica 150
Alexandra González-Eras, Ricardo Dos Santos, Jose Aguilar

Uso da escala SERVQUAL no Desenvolvimento
de Estratégias em TI: O caso da UFRRJ 164
Sandro Luís Freire de Castro Silva, Saulo Barbará de Oliveira, Antônio Augusto Gonçalves, Roberto Luiz Silva dos Santos

ExploraGo: Prototipo de aplicación móvil sensible al
contexto para entornos informales de aprendizaje 177
David Santiago García Chicangana, Oscar Santiago López Erazo, Carolina González, Jorge Muñoz

A Usabilidade do EASETECH: um software para a
avaliação do ciclo de vida de sistemas complexos 188
Saulo Barbará de Oliveira, Claudio Fernando Mahler, Favio Akiyoshi Toda, Sandro Luís Freire de Castro Silva, Antonio Augusto Gonçalves

Marketing digital, elementos de la cadena de valor generadores de
competividad del sector publicitario en Barranquilla, (Colombia). 201
Pabla Peralta Miranda, Eduardo Salazar-Araujo, Zally Vanesa Álvarez Mendoza, Jannerys Ortiz Cardona

Inteligencia artificial al servicio de la auditoría:
Una revisión sistemática de literatura 213
Angélica Yohana Montoya Hernandez, Francisco Javier Valencia Duque

Sistema de Apoio à Decisão para Gestão do Atendimento em Hospitais de Câncer ... 227
Antônio Augusto Gonçalves, Sandro Luís Freire de Castro Silva, Sandra Regina Freitas da Silva Morgado de Gois, José Geraldo Pereira Barbosa, Roberto Luiz Silva dos Santos, Saulo Barbará de Oliveira

Terminologías médicas para la agrupación automática de
enfermedades y tratamientos codificados por sistemas informáticos 237
Silvana Cuenca, Ruth Reátegui

Mecanismos de Gerenciamento de Aplicações em Centrais de Dados 247
Alessandro Kraemer, André Luiz Satoshi Kawamoto, Rodrigo Hübner

Impacto do rompimento da barragem de
Brumadinho nas ações das mineradoras Vale, CSN e Gerdau 261
João Carlos Félix Souza, Lucas de Oliveira Cruz, Aldemar de Miranda Motta Neto, Rafael Villa Trotti, Vitor Campos Alves Duarte, João Gabriel de Moraes Souza

FabRigo: Modelo informático para el monitoreo y control de rutinas
de pausas activas en trabajadores de oficina por medio del modelo PoseNet 273
Fabian Herrera, Rodrigo Niño, Carlos Montenegro, Paulo Gaona

Governança de TI em PMEs: proposta de um modelo teórico sob uma ótica interdisciplinar 286
Rodrigo Franklin Frogeri, Daniel Jardim Pardini, Ana Maria Pereira Cardoso, Liz Áurea Prado, Fabrício Peloso Piurcosky, Pedro dos Santos Portugal Júnior

Fatores que influenciam o estresse no ambiente de trabalho bancário com uso de equação estrutural 305
Werley Antônio Mendonça Machado, João Vicente Pereira, Ari Melo Mariano, João Carlos Félix Souza

Modelo para priorização de execução de projetos de TI em uma instituição financeira 319
Ana Carla Bittencourt Reis, Guilherme Mendonça de Moraes, Wallace Sanches de Oliveira, Everaldo Silva Júnior, Simone Boges Simão Monteiro

FAVO: Framework de Gestión Autónoma de Organizaciones Virtuales basado en la Industria 4.0 333
Cindy-Pamela Lopez, Marco Santorum, Jose Aguilar

Enseñanza de Arquitectura de Software en Modalidad Blended Learning: Análisis de la Percepción de Estudiantes de Maestría 346
Boris Pérez, Camilo Castellanos, Darío Correal

TagEQ: Sistema de Clasificación de Eventos Sísmicos Basado en Inteligencia Artificial 359
Daniel León, Hugo Ordóñez, Víctor Bucheli

Análise de Escalabilidade Horizontal em um *cluster* HBase 371
Cedryk Augusto dos Santos, Bruno Santos de Lima, Leandro Ungari Cayres, Rogério Eduardo Garcia, Celso Olivete Junior, Danilo Medeiros Eler, Ronaldo Celso Messias Correia

Análisis de conglomerados para identificar grupos de pacientes diabéticos en base a síntomas 384
Ruth Reátegui, Edgar Daza, Ronald Campozano

Estudo sobre o Impacto da Sabedoria Coletiva no Desempenho de Projetos de Desenvolvimento de Software 395
Priscilla de Araújo Farias, Carlos Roberto Gonçalves Selva, Eduardo Mariath Varela da Costa, Ari Melo Mariano, Simone Borges, João Carlos Felix

O Serviço de Compartilhamento de Bicicletas no Brasil: Um estudo exploratório via equações estruturais 409
Ari Melo Mariano, Allan Timo Gomes, Luís Augusto Vieira Ribeiro, Heber Nunes Lopes

Modelo de análise multicritério de apoio à decisão aplicado as eleições para presidência de 2018..... 423
João Carlos Félix Souza, João Gabriel de Moraes Souza, Clóvis Neumann, Milena Rodrigues Santos, Marina Mendes Porto, Isabela Ribeiro

Aplicación Lógica Difusa y AHP en caso de Estudio Ecuatoriano de Logística humanitaria 433
Rosa Galleguillos-Pozo, Edisson P. Jordan-H, Marcelo V. Garcia

Modelo JDL y calidad de la información para identificación biométrica a partir de señales multimodales: estudio exploratorio..... 445
Miguel A. Becerra, Laura Lasso-Arciniegas, Andrés Viveros, Leonardo Serna-Guarín, Diego Peluffo-Ordóñez, Catalina Tobón

Enriquecendo a Prática da Agricultura Urbana Casual.....457
Osvaldo Luiz de Oliveira, Waldinei Bispo de Lima

Estudio de la evolución de la Seguridad de la Información en Colombia: 2000 - 2018 470
Jeimy J. Cano M., Andrés Almanza

Caracterización de la situación actual de las tecnologías inteligentes para una Universidad inteligente en Colombia/Latinoamérica..... 484
Dewar Rico-Bautista, Gina Paola Maestre-Góngora, Cesar D. Guerrero

Hero Test: herramienta interactiva de tamizaje enfocada en la detección temprana de deficiencias auditivas en niños entre los 4 a 7 años de edad 502
Astrid Adriana Anacona, Katerine Márceles Villalba, Gabriel Elías Chanchí

Inclusão de Pessoas com Deficiências Auditivas por meio do uso de um Sistema para Geração Automática de Legendas em Tempo Real em Apresentações Orais e de Material de Apoio 515
João Victor Menezes, Marcelo de Paiva Guimarães, Valéria Farinazzo Martins

Modelo de conglomerados para el uso del espacio público utilizando técnicas de minería de datos..... 528
Patricia Acosta-Vargas, Ana Medina, Mario González

Generación de un modelo de predicción espacial de la deforestación en la jurisdicción de Corpochivor para el periodo 2017-2047 basado en mapas de cobertura y análisis de variables espaciales con Dinamica EGO 540
Harvey Vallejo, Javier Medina

Implementación de un sistema de seguridad perimetral como estrategia de seguridad de la información 553
Flavio Morales, Sergio Toapanta, Renato M. Toasa

Generación de Servicios Digitales en Ciudades Inteligentes a Partir de las Capacidades de los Sistemas de Cámaras 566
J. P. D'Amato, L. Dominguez, A. Perez, A. Rubiales, F. Stramana

Um Levantamento Bibliográfico sobre Arquitetura Corporativa com TOGAF e Mineração de Processos no Apoio à Mudança Organizacional em Projetos de Tecnologia da Informação.....579
Marcio Romero, Renato José Sassi, João Rafael Gonçalves Evangelista, Dacyr Dante de Oliveira Gatto

Técnicas de Data Mining para extraer perfiles comportamiento académico y predecir la deserción universitaria 592
Norka Bedregal-Alpaca, Danitza Aruquipa-Velazco, Víctor Cornejo-Aparicio

Condiciones de tránsito vehicular y uso de un modelo para la predicción de ruido por tráfico rodado en un entorno local de la ciudad de Bogotá-Colombia 605
Óscar Acosta Agudelo, Carlos Montenegro Marín, Paulo Gaona García

Aplicativo de escritorio para la clasificación contextual de coberturas de imágenes multiespectrales 615
Sergio Rojas, Javier Medina

Diseño e implementación de una arquitectura de comunicación entre dispositivos tecnológicos basados en comunidades de agentes para un salón inteligente 626
Charlie Cardenas, Luis Barba-Guaman, Jorge Cordero

Sistema de control y monitoreo bajo los protocolos Ethernet y Modbus RTU en el control de sistemas de cintas transportadoras para línea embotelladora de bebidas. 636
Flavio Morales, Germán Haro, Millard Escalona, Renato M. Toasa

Lenguaje e ideología y valores, un reto de estudiantes y profesores en Ecuador 650
Isidro Marín-Gutiérrez, Diana Rivera-Rogel, Margoth Iriarte Solano

Pronóstico de Precio Energético em Colombia: Una Aplicación Econométrica..... 663
Mónica Arango, Jhon Díaz, Yamile Ramírez

Sistema de administración de ventas tienda a tienda: Aplicando técnicas de inteligencia artificial.....677
Edwin Barrientos-Avendaño, Luis Anderson Coronel-Rojas, Fabian Cuesta-Quintero, Dewar Rico-Bautista

Análisis biomecánico de esfuerzos de la rodilla basado en reconstrucción digital de imagen.....690
David Lanas, Juan Lanas-Perez, Luis E. Mayorga, Marcelo V. Garcia

Implementación y evaluación de la transformada Wavelet 2-D À trous usando Phyton y Matlab para la fusión de Imágenes Satelitales WorldView-2..... 704
Javier Medina, Oscar Ardila, Erika Upegui

Elementos de Gamificación en el Contexto de Ingeniería de Software.....718
Liliana Machuca-Villegas, Gloria Piedad Gasca-Hurtado, Luz Marcela Restrepo Tamayo, Solbey Morillo Puente

Modelo para el diseño organizacional basado en cualidades 733
Víctor Cornejo-Aparicio, Sidanelia Flores-Silva

Herramienta tecnológica disruptiva para la inclusión social en personas sordas 751
Juan José Caiza, Katerine Márceles Villalba, Gabriel Elías Chanchí

Proposta de um Método para Priorização de Projetos de Infraestrutura de TI.....763
Priscilla de Araújo Farias, Cléber Mitchell de Lima,
Simone Borges Simão Monteiro, Ana Carla Bittencourt Reis

Selección de indicadores para la implementación de un IDS en PYMES 777
Nelson Darío Pantoja, Siler Amador Donado, Katerine Márceles Villalba

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 05/09/2019
Aceitação/Acceptance: 12/11/2019

Propuesta de una plataforma académica portable para la construcción de microservicios en entornos de IoT

Gabriel Elías Chanchí G.[1], Luz Marina Sierra M.[2], Wilmar Yesid Campo M.[3]

gchanchig@unicartagena.edu.co, lsierra@unicauca.edu.co, wycampo@uniquindio.edu.co

[1] Universidad de Cartagena, Avenida del Consulado, Calle 30 No. 39 B - 192, 130001, Cartagena de Indias, Colombia.

[2] Universidad del Cauca, Cll. 5 # 4-70, 190004, Popayán, Colombia.

[3] Universidad del Quindío, Cra. 15 Cll 12 norte, 630004, Armenia, Colombia.

Pages: 1–13

Resumen: Actualmente, existen diferentes contextos donde IoT puede ser aplicado como: sistemas de alertas tempranas, agricultura de precisión, seguimiento de variables fisiológicas, entre otros. Teniendo en cuenta lo anterior, la diversidad de tecnologías hardware y software propietarias y abiertas, se hace necesario contar en entornos académicos con una plataforma que posibilite generalizar el desarrollo y facilite la integración de las capas de visualización, captura, almacenamiento y análisis de datos. Este artículo propone una plataforma académica portable para la construcción de microservicios en entornos de IoT. La plataforma propuesta hace uso de herramientas del hardware y software libre como son: la librería JQuery de JavaScript, el framework Flask de Python, MongoDB, Raspberry PI y Arduino. Esta plataforma pretende servir de guía en diferentes proyectos académicos que involucren un rápido despliegue e implementación de microservicios para diferentes contextos de aplicación asociados a IoT.

Palabras-clave: entornos IoT, IoT, microservicios, plataforma.

Proposal of a portable academic platform for the construction of microservices in IoT environments

Abstract: Currently, there are different contexts of application where IoT can be applied such as: early warning systems, precision agriculture, monitoring of physiological variables, among others. Taking into account the above, the diversity of proprietary and open hardware and software technologies, it is necessary to have in academic environments a platform that makes it possible to generalize the development and facilitate integration of the layers of data visualization, capture, storage and analysis. This paper proposes as a contribution a portable academic platform for the construction of microservices in IoT environments. The proposed platform makes use of open hardware and software tools such as: JavaScript JQuery library, Python Flask framework, MongoDB, Raspberry PI and Arduino. This

platform aims to guide different academic projects that involve rapid deployment and implementation of microservices for different application contexts associated with IoT.

***Keywords**:* IoT, IoT environments, microservices, platform.

1. Introducción

Internet de las cosas (IoT) es definido como la interconexión de objetos del mundo físico a través de internet, para lo cual estos objetos están equipados con sensores, actuadores y tecnología para dar soporte a la comunicación (Bonilla-Fabela, Tavizon-Salazar, Morales-Escobar, Guajardo-Muñoz, & Laines-Alamina, 2016; Fundación Bankinter, 2011). De igual modo, IoT es entendido como la conexión en red de objetos físicos o dispositivos en una red abierta y conformada por objetos inteligentes que tiene la capacidad de auto gestionarse, compartir información, datos y recursos, reaccionar y actuar frente a situaciones y cambios en el entorno (Naveen, 2016; Conti, Dehghantanha, Franke, & Watson, 2018).

Como consecuencia directa de la implementación de IoT en diferentes contextos de aplicación, se encuentra la generación de grandes volúmenes de datos, de tal modo que cada objeto físico virtual puede tener una instancia digital en la nube que puede generar actualizaciones periódicas. De este modo, como principal ventaja de IoT se tiene la transformación de los datos obtenidos a partir de los objetos conectados en conocimiento útil para la toma de decisiones (Dey, Hassanien, Bhatt, Ashour, & Satapathy, 2018). En IoT se distinguen tres componentes principales: el hardware, la plataforma middleware que posibilita la captura, almacenamiento y análisis de los datos y finalmente, las herramientas que posibilitan la visualización de la información (Barrio, 2018; Bonilla-Fabela, Tavizon-Salazar, Morales-Escobar, Guajardo-Muñoz, & Laines-Alamina, 2016).

El IoT ha sido aplicado a diferentes ámbitos de aplicación tales como: monitorización de variables ambientales como soporte a sistemas de alertas tempranas, seguimiento de variables fisiológicas en proyectos de salud, sistemas de agricultura de precisión, infraestructura de ciudades inteligentes, sistemas y aplicaciones de domótica, entre otros (Gutierrez-Ardila, Cubillos-Calvachi, Piedrahita-Gonzalez, Montenegro-Marín, & Gaona-García, 2019; Barrientos-Avendaño, Rico-Bautista, Coronel-Rojas, & Cuesta-Quintero, 2019). Por lo anterior, IoT ha sido calificada como uno de los agentes que potencia el desarrollo de la industria 4.0, en conjunto con la inteligencia artificial, la robótica, la impresión 3D y 4D, la nanotecnología, la biotecnología (Barrio, 2018). Para la construcción de estos sistemas basados en IoT, existen diversas herramientas hardware y software de carácter propietario y libre, por lo cual se hace necesario escoger las herramientas más adecuadas que posibiliten la implementación de las diferentes capas que conforman la arquitectura convencional de IoT (Quiroga, Jaramillo, Campo, & Chanchí, 2017). Así, a nivel de desarrollo no solo basta con posibilitar el despliegue de la infraestructura hardware que da soporte a IoT, sino que se requiere dar soporte a la infraestructura de almacenamiento, análisis y visualización de datos, de modo que se pueda obtener información relevante a partir de los datos capturados por estos sistemas (Delgado, Girón, Chanchí, Márceles, & Dionizio, 2019).

De este modo, a partir de la necesidad de generalizar los procesos de desarrollo de servicios para entornos de IoT y con el fin de facilitar el despliegue de escenarios tecnológicos de IoT en diferentes contextos de aplicación, se hace relevante contar con plataformas portables que posibiliten la fácil integración de las diferentes capas que componen las arquitecturas convencionales de IoT (capa de captura, capa de almacenamiento, capa de procesamiento, capa de visualización) (Quiroga, Jaramillo, Campo, & Chanchí, 2017), de tal modo que sea posible desarrollar de manera ágil, diversos servicios de valor agregado sobre la infraestructura de IoT, articulados en el concepto de microservicios.

En ese mismo orden de ideas y con el fin de dinamizar la experimentación y el desarrollo de prototipos de IoT para diferentes contextos de aplicación en entornos académicos como universidades y centros de investigación, se requiere que dichas plataformas de desarrollo incluyan herramientas adecuadas del mundo del hardware y software libre, las cuales permitan desarrollar sin restricciones y de manera extensible, diferentes tipos de servicios derivados de IoT para diversos contextos de aplicación (Quiroga, Jaramillo, Campo, & Chanchí, 2017).

A partir de lo anterior, en este artículo se propone como aporte una plataforma académica portable para la construcción de microservicios en entornos de IoT. La plataforma tiene como ventaja la agilidad en la creación de microservicios de valor agregado partiendo de los datos aportados por la infraestructura tecnológica de IoT. Del mismo modo, la plataforma cuenta con ventajas de portabilidad al permitir el fácil despliegue de la infraestructura en diferentes contextos de aplicación, y ventajas en cuanto a la vinculación sencilla del hardware que da soporte a la infraestructura de IoT. La plataforma portable propuesta fue implementada con herramientas del mundo del hardware y software libre como son: Raspberry Pi, Arduino, Framework Flask de Python, Librería JQuery de Javascript. Estas herramientas permiten flexibilidad y extensibilidad a la hora de crear servicios a partir de IoT. Esta plataforma pretende servir de guía en diferentes proyectos académicos en cuanto al rápido despliegue e implementación de microservicios para diferentes contextos de aplicación asociados a IoT.

El resto del artículo está organizado de la siguiente forma: en la sección 2 se presentan las diferentes fases de la metodología consideradas para el desarrollo del presente proyecto. En la sección 3 se describen un conjunto de trabajos relacionados que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de la presente investigación. En la sección 4 se presenta la arquitectura funcional de la arquitectura propuesta. En la sección 5 por su parte se presenta la implementación de la plataforma para la construcción de microservicios en entornos de IoT y la implementación de un estudio de caso. En la sección 6 se muestran las conclusiones y trabajos futuros derivados de la presente investigación.

2. Metodología

Para el desarrollo de la presente investigación, se tuvieron en cuenta las siguientes fases: selección de herramientas hardware-software, diseño de la arquitectura hardware-software de la plataforma, implementación de la plataforma y finalmente evaluación de la plataforma propuesta mediante un estudio de caso (ver figura 1).

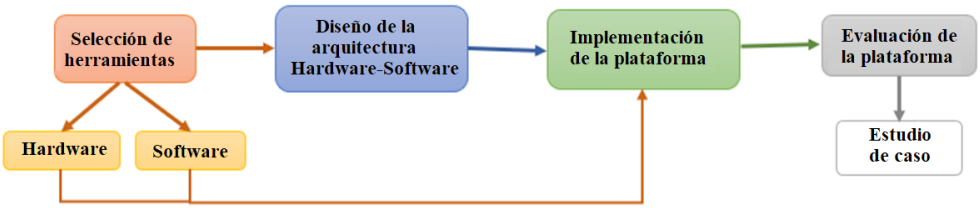


Figura 1 – Metodología propuesta

En la fase 1 de la metodología, se procede a explorar un conjunto de herramientas del ámbito del software y hardware libre, con el fin de conformar la plataforma portable para la construcción de microservicios para IoT. A nivel de las herramientas hardware se seleccionaron Arduino y Raspberry Pi, esta última de gran relevancia para facilitar la portabilidad de la plataforma. En cuanto a las herramientas software, se hizo uso del framework para el desarrollo de microservicios basado en Python Flask, el gestor de bases de datos NoSql MangoDB, la librería JQuery y la librería CanvasJS de Javascript.

En la fase 2 se procede al diseño y configuración de la arquitectura de la plataforma para la construcción de microservicios para IoT, teniendo en cuenta las herramientas obtenidas en la fase 1. Las diferentes herramientas seleccionadas en la fase anterior, fueron dispuestas en las cuatro capas consideradas y adaptadas para la plataforma de IoT (capa de captura, capa de almacenamiento, capa de procesamiento y capa de visualización.). En la capa de captura se disponen las tecnologías para la obtención y sensado de variables representativas (humedad, temperatura, humedad relativa, etc); en la capa de almacenamiento se disponen las tecnologías para la gestión y almacenamiento de la información obtenida a partir de la información de sensado; en la capa de procesamiento se configuran las herramientas adecuadas para el procesamiento de la información y finalmente en la capa de visualización se disponen las librerías encargadas de presentar la información al usuario final.

En la fase 3 se procedió con la implementación de las diferentes capas de la plataforma para la construcción de microservicios (capa de captura, capa de almacenamiento, capa de procesamiento, capa de visualización). En este caso, se desarrolló un prototipo que permite verificar la pertinencia de la arquitectura propuesta en la fase de diseño de la arquitectura de la plataforma.

Finalmente, en la fase 4 de la metodología se realizó un estudio de caso que permitiera verificar la pertinencia de la plataforma desarrollada. De este modo, se usó la plataforma para realizar el seguimiento de tres sensores simulados a través de números aleatorios desde varias tarjetas Arduino en la capa de captura.

3. Trabajos Relacionados

En esta sección se presentan un conjunto de trabajos relacionados que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de la presente investigación. Estos trabajos se centran en diferentes propuestas de sistemas aplicados a diferentes contextos.

En (Pérez, Mendoza, & Suarez, 2019) se presenta una revisión de la evolución del concepto tecnológico de IoT, describiendo diferentes aspectos de esta temática tales como: la conceptualización de IoT y sus implicaciones económicas y en cuanto al manejo de la información, los diferentes tipos de arquitecturas que se han empleado para la implementación de sistemas soportados en IoT, los diferentes tipos de tecnologías empleadas para la implementación de las arquitecturas descritas, y finalmente la descripción de un conjunto de proyectos que implementan sistemas de agricultura de precisión soportados en IoT. Dentro de la presente investigación, este trabajo permite reforzar la conceptualización de las arquitecturas y las tecnologías empleadas de IoT.

En (Delgado, Girón, Chanchí, & Márceles) se propone la arquitectura para un sistema de identificación de personas para entornos educativos. La arquitectura propuesta toma en consideración las diferentes capas propuestas por la arquitectura lambda. En la capa de recolección o captura, el sistema cuenta con un cojunto de cámaras, las cuales se encargan de capturar imágenes de las personas a identificar. En la capa de almacenamiento el sistema toma en consideración el gestor de bases de datos SQLite, en la capa de procesamiento, el sistema hace uso de la librería openCV, a partir de lo cual se contrasta la identidad de las personas mediante procesamiento de imágenes. Finalmente, en la capa de visualización se dispone una aplicación de escritorio que permite la consulta del historial de datos de acceso al sistema. Si bien el trabajo no está orientado al desarrollo de microservicios para IoT, aporta ideas en cuanto a la estructura de las diferentes capas de la arquitectura propuesta.

En (Kalathas, Bandekas, Kosmidis, & Kanakaris, 2016) se presenta un sistema IoT de sensado y adquisición de datos a partir de las variables de temperatura y humedad del aire y el suelo de un cultivo de tomate. A partir del seguimiento de los valores de dichas variables se aplica un control automático, manteniendo un punto de equilibrio adecuado para el desarrollo de las semillas de tomate, dentro de una plataforma que permite simular las condiciones ideales del cultivo. Este sistema hace uso de Arduino Uno para la implementación de la plataforma mediante hardware libre. El trabajo aporta ideas relevantes en cuanto a la selección de herramientas del hardware libre para la conformación de la plataforma propuesta y desarrollada en el presente artículo.

En (Harti, Rach, & Patil, 2016) se presenta un sistema de riego inteligente para diferentes cultivos basado en IoT. El sistema desarrollado permite la administración remota y hace uso de plataformas y sensores propios del hardware libre (plataforma Arduino Uno y los sensores asociados a esta plataforma). Dentro de este este sistema es posible visualizar a través del uso de librerías o API's el comportamiento de las variables en tiempo real. El sistema aporta ideas relevantes en cuanto a la conformación de las herramientas de hardware libre a considerar dentro de la plataforma presentada en este artículo.

En (Sanmartin, Ávila, Vilora, & Jabba, 2016) se presenta una revisión de la tecnología IoT en el contexto particular del sector salud. En este sentido los autores presentan, en primera instancia, la conceptualización de IoT. En segunda instancia, describen un conjunto de tecnologías que han sido empleadas en la implementación de servicios IoT para el sector salud. El artículo plantea ideas interesantes en cuanto al diseño de la arquitectura de la plataforma portable para la construcción de microservicios.

En (Condry, Nelson, 2016) se propone IoT para la transmisión de servicios multimedia. Los autores tienen en cuenta la naturaleza de los entornos de IoT, como la heterogeneidad de los canales de transmisión, los cambios repentinos en el tamaño de las sesiones y las diferentes fuentes multimedia. Los resultados de las simulaciones intensivas demostraron que las versiones adaptativas propuestas de los protocolos multimedios superan a las básicas en términos de retardo, jitter, pérdida de paquetes, caudal y consumo de energía. El artículo muestra la importancia de las simulaciones en IoT, lo cual también es abordado como estrategia para la investigación en este artículo.

En (An, Gall, Kim, Yun, Hwang, Bauer, Zhao, Song, 2019) se abordan las potencialidades de IoT para smart city. Dado que no es realista esperar una convergencia total hacia una única plataforma de IoT en un futuro próximo, es obligatorio permitir el interfuncionamiento entre diferentes plataformas basadas en múltiples normas, que coexistan en las ciudades inteligentes emergentes. Los resultados demuestran que es posible descubrir y gestionar sensores IoT conectados a diferentes plataformas. Así el artículo alienta la investigación presentada en este artículo donde se combinan diferentes plataformas hardware y software para el desarrollo de microservicios.

Finalmente, en (Gómez, Castaño, Mercado, Fernández, & Garcia, 2017) se presenta la implementación de un sistema IoT para la implementación de cultivos protegidos. El propósito del sistema es asistir al usuario en cuanto a la toma de decisiones inteligentes dependiendo el estado de las variables del cultivo. Del mismo modo el sistema permite al usuario recibir alertas sobre el estado del cultivo, dependiendo de las variables monitoreadas. El sistema propuesto cuenta con una arquitectura a tres capas: capa de captura, capa de administración y procesamiento de los datos capturados y capa de cliente. Este trabajo aporta importantes ideas en cuanto al diseño de la arquitectura de la plataforma de construcción de microservicios.

Tal como se aprecia en los diferentes trabajos presentados, existe una diversidad de sistemas desarrollados para diferentes contextos de aplicación, los cuales han sido implementados haciendo uso de herramientas libres y propietarias. Del mismo modo, se puede apreciar que no hay uniformidad en las arquitecturas empleadas en la implementación de dichos sistemas. Sin embargo, de manera independiente al número de capas de las diferentes arquitecturas, la estructura funcional de los sistemas IoT descritos es similar. A partir de lo anterior, se hace necesario generalizar el diseño de estos sistemas, mediante la propuesta de una plataforma abierta para la construcción de microservicios en IoT, la cual pueda ser usada en universidades y centros de investigación.

4. Arquitectura de la plataforma IoT portable

En esta sección se presentan los módulos funcionales de la arquitectura correspondiente a la plataforma portable para la construcción de microservicios en entornos de IoT. En este orden de ideas se describirá una vista estática y una vista dinámica de los diferentes módulos de la plataforma y la manera como están dispuestos en las diferentes capas de la arquitectura considerada. En este sentido, la descripción de la arquitectura de la plataforma fue realizada haciendo uso del patrón de las capas, en el cual se agrupan las diferentes funcionalidades del sistema en un número determinado de capas e interfaces de comunicación entre ellas (Cervantes &

Kazman, 2016). Así, para el presente trabajo se tomó en consideración una adaptación de la arquitectura a cuatro capas partiendo de las ideas presentadas en (Delgado, Girón, Chanchí, & Márceles, 2019) y (Pérez, Mendoza, & Suarez, 2019), en donde las interfaces de comunicación entre las capas son provistas por los microservicios. En la tabla 1 se presenta la descripción de las cuatro capas consideradas dentro de la arquitectura de la plataforma propuesta.

Capa de la arquitectura	**Descripción**
Capa de captura	Encargada de la captura de los datos a partir de las variables relevantes propias del contexto de aplicación. Esta labor es realizada por los diferentes sensores asociados a las tarjetas de captura de datos propias del hardware libre.
Capa de gestión y almacenamiento	Conformada por los microservicios encargados de obtener los datos de la capa de captura vía protocolos de comunicación inalámbrica y almacenarlos en un gestor de base de datos NoSQL.
Capa de análisis	Conformada por los diferentes microservicios encargados de realizar el procesamiento de los datos haciendo uso de librerías de análisis de datos.
Capa de visualización	Mientras la capa de gestión y almacenamiento y la capa de análisis se encuentran en el backend de la plataforma, la capa de visualización hace parte del frontend, e incluye las librerías encargadas de desplegar al usuario la información en tiempo real, así como la información obtenida al realizar el análisis de los datos.

Tabla 1 – Capas de la arquitectura de la plataforma IoT portable

A continuación, en la figura 2 se presenta la estructura funcional de las diferentes capas de la plataforma portable para la construcción de microservicios en entornos de IoT, así como las diferentes funcionalidades de cada capa.

En la *capa de captura* se incluyen los sensores y tarjetas del hardware libre encargadas de capturar datos a partir de las variables de interés del contexto propio de aplicación (temperatura, humedad, humedad relativa, ritmo cardiaco, conductividad de la piel, etc.). Una vez capturada la información por parte de las tarjetas de hardware libre, la información es transmitida de manera inalámbrica (bluetooth, WiFi, Zigbee, etc.) a petición de la capa de gestión y almacenamiento.

La *capa de gestión* y almacenamiento está conformada por diferentes microservicios, los cuales pueden entenderse como recursos individuales que tienen una funcionalidad independiente y a su vez pueden cooperar con otros para realizar una funcionalidad más compleja. Estos microservicios, se encargan de obtener periódicamente los datos a partir de los sensores de la capa de captura vía inalámbrica, almacenarlos en un gestor de bases de datos NoSQL y generar un interfaz de comunicación o dominio de servicio, para que desde la capa de visualización sean consultados y accedidos en tiempo real. Es importante precisar que varios microservicios pueden hacer la solicitud a los datos presentados por uno o más sensores. Un gestor de base de datos NoSQL gracias a la sencillez de la estructura de sus datos, tiene como ventaja la versatilidad y la escalabilidad en cuanto a la integración de nuevos datos provenientes de nuevos tipos de sensores que se vinculen a la arquitectura de la plataforma.

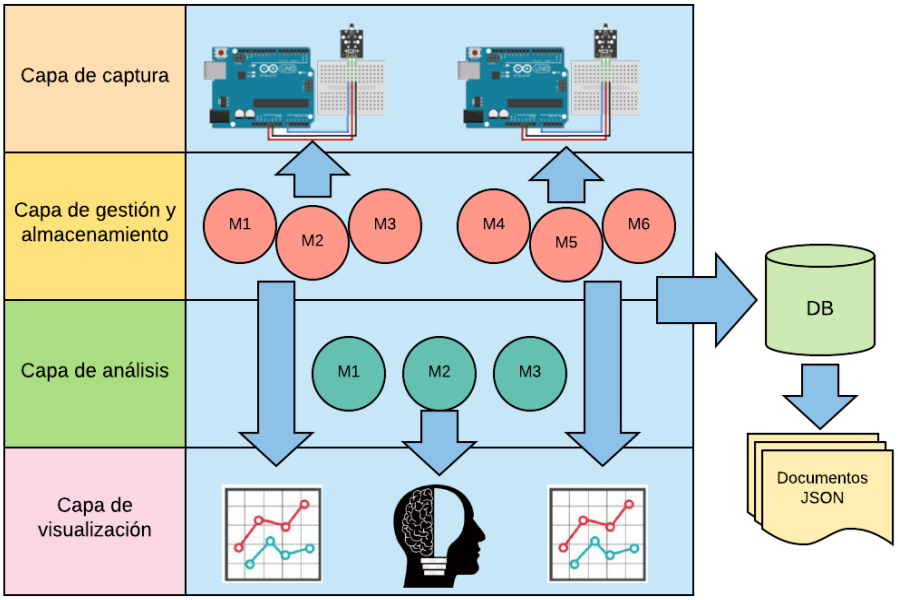


Figura 2 – Arquitectura por capas de la plataforma

En la *capa de análisis* se realizan consultas al gestor de bases de datos, con en el fin de procesar y analizar datos de diferente complejidad sobre los históricos de los datos asociados a uno o varios sensores. De este modo el gestor de bases de datos NoSQL es transversal tanto a la capa de gestión y almacenamiento, como a la capa de visualización. Para dar soporte a las funcionalidades de está capa, existen un conjunto de microservicios que hacen uso de librerías de análisis de datos para procesarlos y generar información relevante a partir de sus históricos. Los microservicios de la capa de análisis, al igual que los de la capa de gestión y almacenamiento, generan una interfaz de comunicación o dominio de servicio, para que desde la capa de visualización pueda presentarse la información de manera adecuada.

Finalmente, en la capa de visualización se pueden realizar invocaciones a los microservicios de la capa de gestión y almacenamiento, y a los microservicios de la capa de análisis. Los microservicios de la capa de gestión y almacenamiento son invocados de manera periódica, de tal modo que estos envían como respuesta un mensaje JSON con los datos en tiempo real que son obtenidos a partir de un determinado sensor. Por su parte los microservicios de la capa de visualización son invocadas a petición del usuario final, de tal modo que estos envían como respuesta un mensaje JSON con los resultados obtenidos a partir del análisis del histórico de los datos.

En la figura 3, se presentan las diferentes funcionalidades realizadas en cada una de las capas de asociadas a la arquitectura en la cual se enmarca la plataforma portable para la construcción de microservicios para entornos de IoT.

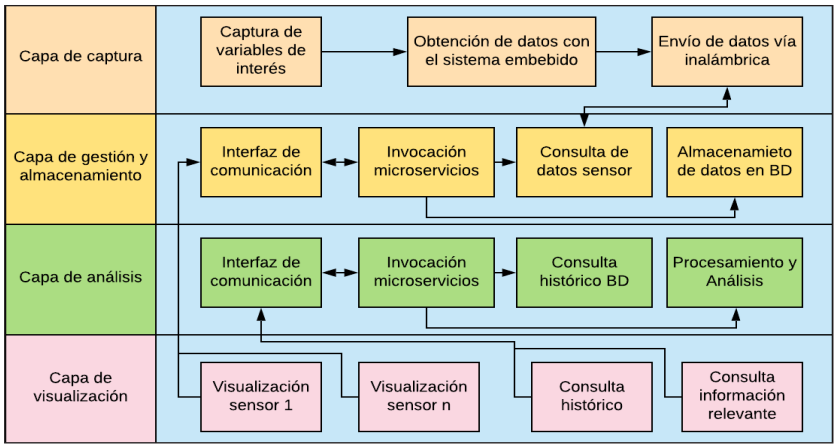


Figura 3 – Funciones provistas por capa

5. Implementación de la arquitectura de la plataforma

A partir de las funcionalidades definidas para cada una de las capas en la figura 2 y 3, en la figura 4 se presentan las tecnologías empleadas dentro de la plataforma para dar cumplimiento a dichas funcionalidades. En la capa de captura se hizo uso de la plataforma abierta de hardware libre Arduino en conjunto con los módulos bluetooth y WiFi para la transmisión de datos, así como los sensores compatibles con esta plataforma y propios del contexto de aplicación (agricultura de precisión, salud, medición de variables ambientales, etc.).

Tanto los microservicios de la capa de gestión y almacenamiento, como los de la capa de análisis fueron implementados haciendo uso de las funcionalidades provistas por el microframework Flask de Python. El framework Flask permite crear los microservicios como métodos independientes de un script y asociados a un interfaz o dominio de acceso, a través de la cual pueden ser invocados desde la capa de visualización. Para la comunicación de los microservicios de la capa de gestión y almacenamiento con los datos de los sensores provistos por la tarjeta Arduino, se hace uso de la librería PySerial. Finalmente, para el almacenamiento de los datos obtenidos a partir de los sensores en la capa de gestión y almacenamiento, se hace uso de la librería PyMongo.

Los microservicios de la capa de análisis por su parte, hacen uso de la librería PyMongo para generar el histórico de los datos asociados a los sensores. Del mismo modo, para el procesamiento y análisis de los datos se hace uso de la librería PyMongo y la librería scikit-learn. Estos microservicios permiten crear una interfaz o dominio de acceso para ser invocados desde la capa de visualización. Cabe mencionar que, a nivel de infraestructura, la capa de gestión y almacenamiento, así como la capa de análisis es desplegada sobre la plataforma Raspberry PI.

Finalmente, en la capa de visualización se realizan las invocaciones a los dominios de acceso asociados a los microservicios de la capa de gestión y almacenamiento, y a los

microservicios de la capa de análisis. A través de los primeros en la capa de visualización se presenta al usuario final los datos en tiempo real obtenidos a partir de los sensores, mientras que mediante los segundos se presenta a petición del usuario los históricos de los datos almacenados y la información relevante generada a partir de la aplicación de algoritmos de análisis de datos. Para la implementación de las anteriores funcionalidades, la capa de visualización hace uso de la librería JQuery de Javascript para realizar las peticiones AJAX al backend y la librería CanvasJS para presentar las gráficas de los datos en tiempo real.

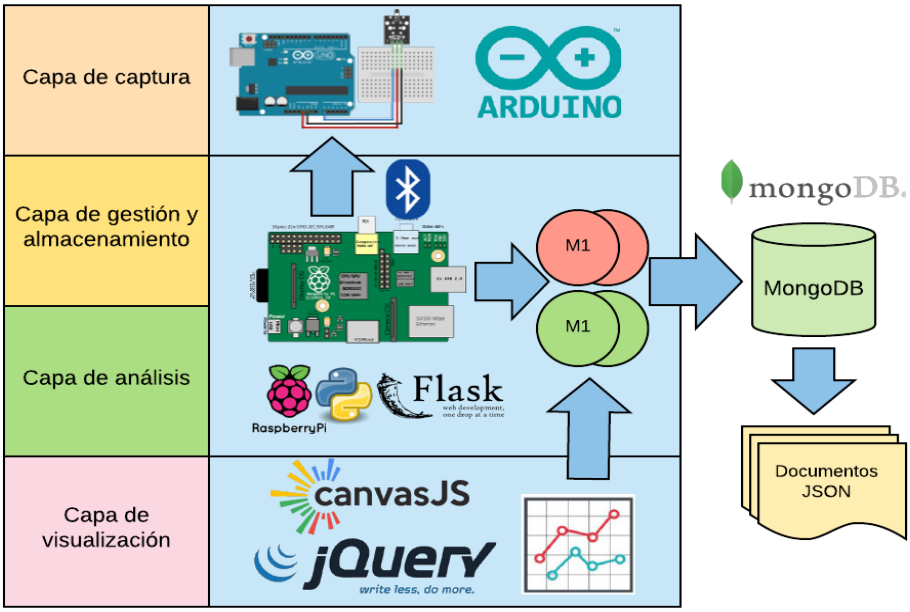


Figura 4 – Implementación de la arquitectura de la plataforma

A partir de la infraestructura mostrada en la figura 4, se implementó un estudio de caso particular de la plataforma en el que se realiza la monitorización de variables de temperatura y humedad. Así, en la figura 5 se presenta la interfaz principal de la aplicación web de dicha implementación, desde donde el usuario final puede acceder en tiempo real a los datos registrados por diferentes sensores simulados desde la capa de captura por tres tarjetas Arduino (generando números aleatorios entre 20 y 30) y al histórico de los datos almacenados en la base de datos MongoDB. El objetivo de simular los valores generados desde las tarjetas Arduino es evidenciar los cambios en tiempo real en la capa de visualización de datos. La aplicación web fue generada de tal forma que maneja un sistema de pestañas en donde las primeras pestañas están asociadas a cada uno de los sensores monitoreados y la última pestaña está asociada al histórico de datos.

Los datos históricos y de análisis que la plataforma puede generar son obtenidos a través de la invocación a los microservicios de la capa de análisis, los cuales realizan consultas sobre los datos almacenados en el gestor de base de datos NoSQL MongoDB.

Así, en la figura 6 se muestra la consola de administración del gestor MongoDB y la pestaña con el histórico de los datos obtenidos a partir de los sensores simulados desde la tarjeta Arduino.

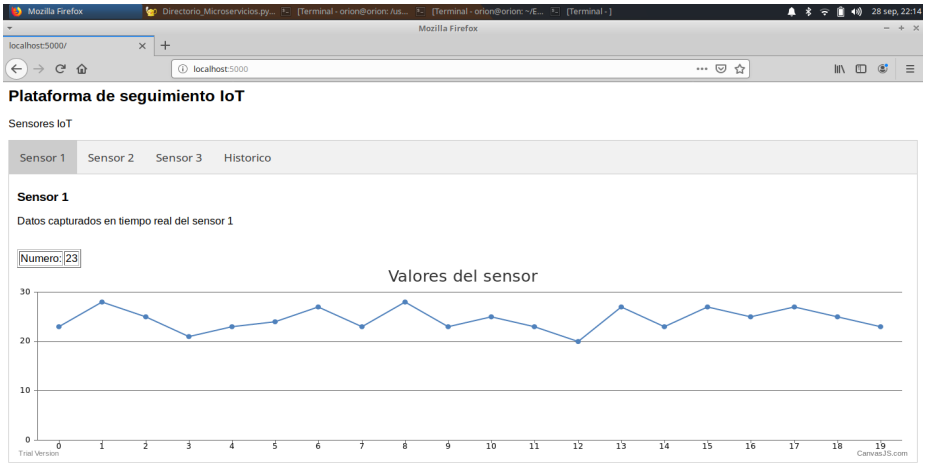


Figura 5 – Implementación de la capa de visualización

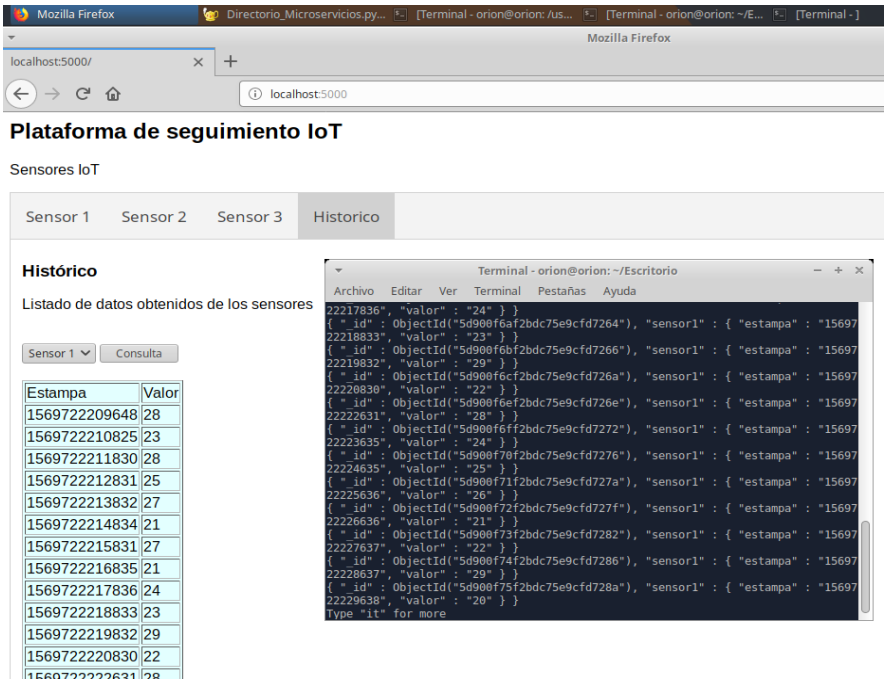


Figura 6 – Histórico de los datos y gestor MongoDB

6. Conclusiones y Trabajos Futuros

Este artículo presenta como aporte la propuesta de una plataforma portable basada en microservicios para entornos IoT, la cual permite el rápido despliegue de escenarios de monitorización de sensores aprovechando las ventajas provistas por las herramientas del ámbito del software y hardware libre. En este sentido la plataforma también posibilita la implementación de microservicios que permitan generar información de valor agregado mediante técnicas de análisis de datos.

A diferencia de las plataformas tradicionales, la principal ventaja provista por la plataforma es el uso de tecnologías abiertas y extensibles del mundo del software y hardware libre, las cuales permiten no solo implementar la monitorización de los sensores, sino también la construcción de servicios basados en análisis de datos haciendo uso de librerías como scikit-learn de Python. En este mismo sentido el uso de microservicios abre la posibilidad de componer servicios, con lo cual es posible generar valor agregado sobre la infraestructura de IoT.

La plataforma propuesta fue diseñada para ser desplegada en diferentes contextos de aplicación, asociados a Internet de las cosas. En este sentido el concepto de microservicios permite manejar una lógica independiente para cada funcionalidad que se quiera integrar a la plataforma, de tal modo que es fácil vincular nuevos sensores para su monitorización. Es así como el uso del framework Flask de Python es clave en la implementación de la plataforma, dado que es un framework basado en microservicios y fácilmente integrable a la plataforma Raspberry PI.

Dadas las características de portabilidad de la plataforma propuesta, Raspberry PI se adapta de manera adecuada a dichas necesidades, de tal forma que puede ser empleada para el despliegue del núcleo de la plataforma en diferentes ámbitos de aplicación. En este mismo sentido, esta plataforma al contar con diversos tipos de conectividad inalámbrica y ser compatible directamente con el lenguaje Python (microframework Flask), permite la implementación de las capas de captura, gestión y almacenamiento, y análisis (backend de la plataforma).

El uso de gestores NoSQL como MongoDB dentro de la plataforma portable para la construcción de microservicios en entornos de IoT, permite dotar a la plataforma de características de flexibilidad y versatilidad, dado que por la sencillez de la estructura del formato JSON es sencillo realizar la integración de nuevos datos provenientes de nuevos tipos de sensores que se vinculen a la plataforma. Así mismo, dado que la capa de visualización de datos está basada en Javascript, existe una compatibilidad directa entre la capa de visualización y las respuestas generadas por los microservicios de las diferentes capas.

Referencias

Barrientos-Avendaño, E., Rico-Bautista, D., Coronel-Rojas, L., & Cuesta-Quintero, F. (2019). Granja inteligente: Definición de infraestructura basada en internet de las cosas, IPV6 y redes definidas por software. *RISTI*(E17), 183-197.

Barrio, M. (2018). *Internet de las cosas*. Madrid-España: Reus.

Bonilla-Fabela, I., Tavizon-Salazar, A., Morales-Escobar, M., Guajardo-Muñoz, L., & Laines-Alamina, C. (2016). IoT, El internet de las cosas y la innovación de sus aplicaciones. *Revista VinculaTégica, 2*, 2313-2340.

Cervantes, H., & Kazman, R. (2016). *Designing Software Architectures*. Indiana - USA: Pearson Education.

Conti, M., Dehghantanha, A., Franke, K., & Watson, S. (2018). Internet of Things security and forensics: Challenges and Opportunities. *Future Generation Computer Systems, 78*(2), 544-546.

Delgado, D., Girón, D., Chanchí, G., & Márceles, K. (2019). Arquitectura IoT para la identificación de personas en entornos educativos. *RISTI*(E17), 841-853.

Delgado, D., Girón, D., Chanchí, G., Márceles, K., & Dionizio, S. (2019). Sistema para la Detección y Seguimiento de Afecciones Cardíacas Soportado en SBC. *RISTI*, 717-728.

Dey, N., Hassanien, A., Bhatt, C., Ashour, A., & Satapathy, S. (2018). *Internet of Things and Big Data Analytics Toward Next-Generation Intelligence*. Cham-Suiza: Springer International Publishing AG.

Fundación Bankinter. (2011). *El internet de las cosas en un mundo conectado de objetos inteligentes*. Madrid-España: Fundación Bankinter.

Gómez, J., Castaño, S., Mercado, T., Fernández, A., & Garcia, J. (2017). Sistema de internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de cultivos protegidos. *Revista Ingeniería e Innovación, 5*(1), 24-31.

Gutierrez-Ardila, C., Cubillos-Calvachi, J., Piedrahita-Gonzalez, J., Montenegro-Marín, C., & Gaona-García, P. (2019). Sistema IoT para el autodiagnóstico de enfermedades del corazón usando evaluación matemática de la dinámica cardiaca basada en la teoría de la probabilidad. *RISTI*(E17), 1-10.

Harti, U., Rach, R., & Patil, N. (2016). An IoT Framework for Smart Irrigation. *International Journal of Recent Trends in Engineering & Research, 2*(8), 36-40.

Kalathas, J., Bandekas, D., Kosmidis, A., & Kanakaris, V. (2016). Seedbed based on IoT: A Case Study. *Journal od Engineering Science and Technology Review, 9*(2), 1-6.

Naveen, S., & Hedge, G. (2016). Study of IoT: Understanding IoT Architecture, Applications, Issues and Challenges. *International Journal of Advanced Networking & Applications - IJANA*, 477-482.

Pérez, M., Mendoza, M., & Suarez, M. (2019). Paradigma IoT: desde su conceptualización hacia su aplicación en la agricultura. *Revista Espacios, 40*(18).

Quiroga, E., Jaramillo, S., Campo, W., & Chanchí, G. (2017). Propuesta de una Arquitectura para Agricultura de Precisión Soportada en IoT. *Revista RISTI*(24), 39-56.

Sanmartin, P., Ávila, K., Vilora, C., & Jabba, D. (2016). Internet de las cosas y la salud centrada en el hogar. *Revista Científica Salud Uninorte, 32*(2), 337-351.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 16/10/2019
Aceitação/Acceptance: 10/12/2019

La gestión de la información es factor determinante para elaborar estrategias innovadoras en política pública

Augusto Bernal[1], Teresa Guarda[1,2,3,4]

tguarda@gmail.com, mfg.augusto@gmail.com

[1] Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Sangolqui, Ecuador

[2] CIST – Centro de Investigacion en Sistemas y Telecomunicaciones, UPSE, La Libertad, Ecuador

[3] Universidad Estatal Peninsula de Santa Elena, La Libertad - UPSE, Ecuador

[4]Algoritmi Centre, Minho University, Guimarães, Portugal

Pages: 14–27

Resumen: El Ministerio de Educación es el órgano rector de la educación en el Ecuador, se encuentra localizado en la ciudad de Quito, ofrece servicios tecnológicos a través de la Dirección Nacional de Tecnologías de Información y Comunicación (DNTIC), carece de una herramienta de gestión de información académica y una metodología de entrega de servicios que permita solventar los requerimientos de información de una manera óptima. En la presente investigación se desarrolla una propuesta de herramienta de gestión de información académica y un modelo de gestión de servicio de TI basado en la metodología ITIL versión 3, este marco de trabajo permite la medición y la mejora continúa de la calidad de los servicios ofrecidos por la DNTIC a las áreas requirentes. Se utiliza la metodología Hefesto, para la construcción del Datawarehouse (DWH) la cual proporciona una identificación ágil de los objetivos y resultados que garanticen la toma de decisiones.

Palabras-clave: Inteligencia de Negocios; Indicadores Académicos; Cubos de Datos; Data Mart; Análisis de información.

Information management is a determining factor in developing innovative public policy strategies.

Abstract: The Ministry of Education is the regulator of education in Ecuador, is located in the city of Quito, offers technological services through the National Directorate of Information and Communication Technologies (DNTIC), lacks an information management tool academic and a service delivery methodology that allows to solve the information requirements in an optimal way. This research develops a proposal for an academic information management tool and an IT Service Management model based on ITIL version 3, this framework allows the measurement and continuous improvement of the quality of the services offered by the DNTIC to the requesting areas. The Hefesto methodology is used, for the

construction of the Datawarehouse which provides an agile identification of the objectives and results that guarantee decision making.

***Keywords**:* Business intelligence; Academic Indicators; Data Cubes; Data Mart; Information analysis.

1. Introducción

La historia del Ministerio de Educación se remonta al año 1884, cuando la Convención Nacional reunida en Quito un 6 de abril, expidió el decreto por medio del cual, se creó el Ministerio de Instrucción Pública, Justicia, Estadística y Beneficencia. Dicho decreto fue sancionado por el Presidente de la República, doctor José María Plácido Caamaño, el 16 de abril de ese mismo año. Entre sus objetivos principales están: la disminución del analfabetismo, las investigaciones pedagógicas, la masificación de la enseñanza rural y urbana, el fomento y la protección a la publicación de textos, la programación de construcciones escolares controlando y evaluando sus resultados, entre otros aportes sustanciales de la educación inicial, básica y bachillerato a nivel nacional (Educación M. d., Educacion.gob.ec, 2015).

La incorporación de las TIC en la educación ha abierto grandes posibilidades para mejorar los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Sin embargo, no es suficiente con dotar a las escuelas de computadores, hace falta abordar, al mismo tiempo, un cambio en la organización de las escuelas y en las competencias digitales de los docentes. También es necesario avanzar en la incorporación de las nuevas tecnologías en los entornos familiares para reducir la brecha digital (Carneiro, Toscano, & Díaz, 2009).

En la investigación de (Silva Peñafiel, 2018) sobre el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural Regional 3 acerca de la implementación de un DWH para la toma de decisiones; se apoyaron en el desarrollo de prototipos metodológicos con las propuestas realizadas por Ralph Kimball, Hefesto 2.0 y SAS Rapid DWH Methodology; por medio del análisis tanto a nivel de características como de las fases que integran las metodologías; para ello se tomaron parámetros tales como: el grado del cumplimiento de los objetivos, la capacidad de mejoras y el grado de satisfacción de los directivos, empleados en: "Análisis, diseño, construcción e implementación de un DWH para la toma de decisiones y construcción de los key performance indicator (KPI) conocidos también como indicadores clave o medidores de desempeño, para la Empresa Kronosconsulting Cia Ltda."; y los indicadores para la evaluación de las fases tomados del "Estudio comparativo de metodologías e implementación de alternativas Business Intelligence OpenSourse versus propietarias en entornos tradicionales"; estos indicadores están basados en las fases y actividades o índices involucrados en la construcción de DWH. Del estudio se ha obtenido resultados que permiten brindar una cimentación robusta para la creación de la propuesta con la metodología Hefesto versión 2.0. El uso de la metodología Hefesto, permitió identificar ágilmente y comprender los objetivos que la institución deseaba alcanzar con la implementación del DWH, ayudó a determinar las necesidades del usuario, involucrándolo en cada etapa del proceso de información y así determinar los datos idóneos para la toma de decisiones.

Hoy en día, hay una falta de investigación sobre un enfoque selectivo del marco de TI en comparación con los objetivos de TI, en el trabajo de (Chakir, Chergui, Medromi,

& Sayouti, 2015) se descubre una correspondencia entre los objetivos IT de COBIT y los procesos de ITIL, PMBOK, ISO 27001 e ISO 27002 para investigar la coexistencia de los vínculos entre los objetivos IT y los procesos IT, utilizando el método de simulación y mapeo. A nivel mundial, ITIL se ha convertido en sinónimo de gestión de servicios (ITSM). El resultado del estudios de (Bernal & del Moral, 2015) mostró que las implementaciones de ITIL que pierden de vista los objetivos de la empresa y no consideran a las personas para gestionar el cambio organizacional están inevitablemente destinadas al fracaso. En el estudio de (Valverde, Saade, & Talla, 2014) se proporciona una metodología sobre cómo aplicar el marco ITIL para evaluar los procesos de soporte de servicios de TI, su reingeniería y alineación con las mejores prácticas, y la posterior integración en un marco de sistema de soporte de decisiones. Se usó un enfoque de estudio de caso para identificar un conjunto de Indicadores clave de rendimiento (KPI) que fueron monitoreados por un sistema de soporte de decisiones (Decision Support System DSS) para activar la reingeniería de los procesos de soporte de servicios de TI. Este estudio se centra en la implementación de las directrices de ITIL a nivel operativo, la mejora de la mesa de servicio y la gestión de incidentes, problemas, cambios, versiones y configuraciones, también mejoras a nivel táctico para la mejora del nivel, la capacidad, la continuidad y la disponibilidad del servicio de TI y la gestión de la seguridad. En el trabajo de (Cater-Steel & Tan, 2005) muestran el núcleo de ITIL el cual comprende seis procesos de soporte de servicio y cinco procesos de entrega de servicios. Los procesos de soporte de servicio son utilizados por el nivel operativo de la organización, mientras que los procesos de prestación de servicios son de naturaleza táctica.

No asegurarse la validez de los datos o de su cantidad, puede crear un problema a nivel de la cadena de toma de decisiones. La solución prevista supone que dos capas se agregan a un almacén de datos que garantiza su buen funcionamiento. La primera capa permite asegurar la validación de los datos, y la segunda permite gobernar bien el almacén de datos con la mejor práctica de ITIL (Jamal Skiti et Hicham Medromi, 2011) (Verheijen, 2005). Las dos se basan en sistemas de múltiples agentes. Este enfoque fue propuesto por Ahmed HACIANE. La solución propuesta consiste en agregar capas a un almacén de datos al final para asegurar su funcionamiento de manera correcta (Chakir, Medromi, & Sayouti, 2013). Según (Chakir et al., 2013) la gobernanza de un sistema de toma de decisiones (GSD), DWH, es responsabilidad del órgano ejecutivo de una empresa. El GSD es una organización para la toma de decisiones y satisface las necesidades de los clientes, para garantizar, con el tiempo, que un almacén de datos cumpla con las normas de construcción y gestione los cambios necesarios en el sistema de información (IS). Para el buen gobierno de un almacén de datos, utiliza prácticas recomendadas de ITIL versión 3 y sistemas de múltiples agentes.

2. Materiales y Métodos

Se escoge una metodología de estudio de caso para resaltar y explorar los elementos identificados por el marco ITIL (Benbasat, Goldstein, & Mead, 1987). En este trabajo también se utiliza la metodología Hefesto, creada por (Bernabeu, 2010) en 2007, la cual empieza recopilando datos y necesidades de información del usuario, a continuación la extracción de datos sin procesar, la transformación a un formato estándar y la carga de datos en la base de datos DWH. La metodología Hefesto se define por las siguientes

peculiaridades: es sencilla, realista y fácil de comprender; se basa en la selección de requisitos del usuario; disminuye la resistencia al cambio; utiliza modelos conceptuales y lógicos, puede aplicarse a enfoques de DWH y es independiente de las tecnologías, la estructura física y el tipo de ciclo de vida (Bernabeu, 2010). El enfoque del caso de estudio posteriormente nos permitirá identificar las direcciones para una investigación adicional. En este enfoque se utiliza un método cualitativo para la investigación en el campo de los sistemas de información (Orlikowski & Baroudi, 1991). En una investigación anterior en (Benbasat et al., 1987) se establece tres motivos por las cuales el enfoque de estudio de caso es conveniente para los sistemas de información: El investigador alcanza a estudiar el sistema de información en su entorno natural; El investigador puede contestar preguntas de "cómo" y "por qué"; y el enfoque de estudio de caso es adecuado en los que se ha elaborado escaza investigación formal. Una investigación basada en un estudio de caso es una técnica de investigación exploratoria que investiga un fenómeno en su entorno de la vida real (Robert, 2003). Christensen *et al.* propuso una serie de pasos que se pueden utilizar para realizar con éxito la investigación del estudio de caso, estos son (Christensen, Johnson, Turner, & Christensen, 2011): Planificación del estudio de investigación, fundamentos de la investigación, métodos experimentales, encuesta, investigación cualitativa y de métodos mixtos, análisis e interpretación de datos, redacción del informe de investigación. Posteriormente, los datos del estudio de caso se pueden recopilar y analizar, y los resultados se pueden resumir en un informe. La importancia de la investigación a futuro se puede basar en (R. S. Baker & Yacef, 2009), (R. Baker, 2010) el cual sugiere cuatro áreas clave de aplicación para DWH utilizado en educación: mejorar los modelos de estudiantes, mejorar los modelos de dominio, estudiar el apoyo pedagógico proporcionado por el software de aprendizaje e investigación científica sobre el aprendizaje y los estudiantes; y cinco enfoques / objetivos: predicción, agrupación, minería de relaciones, depuración de datos para el juicio humano y descubrimiento con modelos.

2.1. El caso

El objetivo de este estudio es determinar la forma de aplicación de la metodología Hefesto para la construcción del DHW y el marco ITIL para la entrega de servicios de información de TI en una institución. El estudio de caso seleccionado es el Ministerio de Educación del Ecuador ubicado en Quito Ecuador. Esta institución actualmente proporciona el servicio de educación a nivel nacional. Para esta investigación, se consideró a ciertas áreas sustantivas de esta Cartera de Estado: la Subsecretaria de Apoyo, Seguimiento y Regulación de la Educación, la Subsecretaria de Administración Escolar y la Subsecretaria de Desarrollo Profesional Educativo. La metodología Hefesto v2.0, fue utilizada en esta investigación, la cual orienta de forma clara el diseño y obtención del DWH. En el transcurso de la investigación se cubrirán los objetivos de forma sistemática, permitiendo la obtención de la información que ayude en la generación de reportes para las áreas en mención. El caso se resolverá mediante la explicación de la estructura orgánica del Ministerio de Educación, principales requerimientos de información y los usuarios de las áreas requirentes. Una parte importante en la investigación de estudios de casos es la recopilación de datos para lo cual esta investigación se basará en el trabajo de (Stake, 1995) que identifica varias fuentes de evidencia empírica para estudios de casos como son: entrevistas; registros de archivo; y cuestionario. Las entrevistas

permiten lograr tres intenciones: como un medio exploratorio para ayudar a identificar variables y relaciones; como instrumento principal de la investigación; y como complemento para otros métodos. Los registros de archivo incluyen registros de servicio, registros organizacionales, listas de nombres, datos de encuestas y otros registros. Lo cuestionario: es una herramienta de investigación que consiste en una serie de preguntas y otras indicaciones con el propósito de obtener información de los consultados, deben estar redactadas de forma coherente, y organizadas, secuenciadas y estructuradas de acuerdo con una determinada planificación, con el fin de que sus respuestas nos puedan ofrecer toda la información. En una encuesta realizada a los funcionarios de las áreas requirentes, se observar los datos de aceptación del servicio como se encuentra en la actualidad, el cual expone que un 84,38% de los usuarios indican que no se entrega a tiempo la información, también se consulta si la información entregada cumple con las necesidades de información que poseen y se observa que existe un 40,63% que está en desacuerdo y un 18,75% que este en totalmente en desacuerdo.

Mediante un análisis de los procesos realizados en el sistema académico del Ministerio de Educación se pudo determinar los siguientes pasos: Transferencia de datos del área de tecnología a plantillas propias de la Subsecretaria de Apoyo, Seguimiento y Regulación de la Educación, de la Subsecretaria de Administración Escolar y de la Subsecretaria de Desarrollo Profesional Educativo; Depuración de los datos en archivos planos (Excel) tanto de datos incompletos de otros sistemas del cual se alimenta el sistema de gestión académica como de errores propios del sistema y los nombres de las variables para cada sistema y por último la consolidación de datos en archivos planos (Excel) para ser enviados por medios digitales de almacenamiento debido al volumen de la información.

2.2. Arquitectura de un sistema de soporte a decisiones

En un estudio previo realizado por (Siguenza-Guzman, Van den Abbeele, Vandewalle, Verhaaren, & Cattrysse, 2015) se muestra una metodología y las tecnologías a ser utilizadas para implementar el DWH, en la Figura 1., se observa la propuesta de una arquitectura DSS estructurada en tres capas: 1) Las fuentes de datos contienen toda la

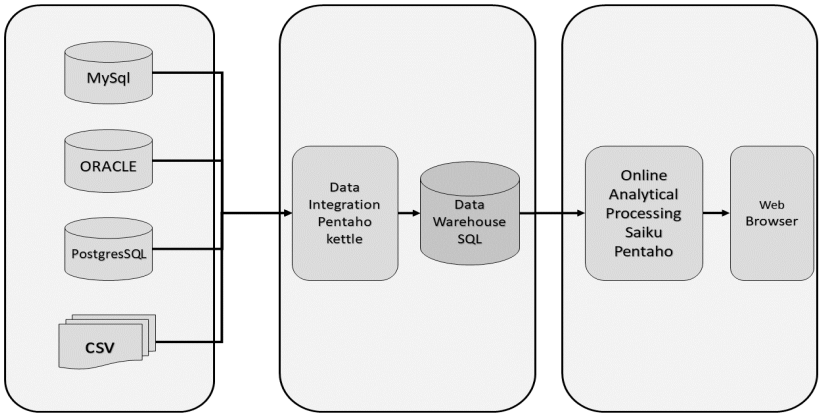


Figura 1 – Propuesta de una arquitectura DSS estructurado en tres capas

información que servirán como proveedores de datos para el DWH; 2) Extracción de datos, depuración y almacenamiento a cargo del diseño e implementación de procesos ETL (Extract, Transform and Load - extraer, transformar y cargar) para respaldar el DWH; y 3) La presentación de datos proporciona los informes acertados para el análisis de la información y la toma de decisiones oportuna.

2.3. Arquitectura del DataWarehouse

La Arquitectura de un DWH está formada por diversos elementos que interactúan entre sí y que cumplen una función específica dentro del sistema, como se muestra en la Figura 2, los componentes de un DWH según (Bernabeu, 2010) son: OLTP (On Line Transaction Processing), representa toda aquella información transaccional que crea la organización regularmente y las fuentes externas; Load Manager, la función de los ETL es la de extraer los datos desde los OLTP; DWH Manager, su función ayudar a la toma de decisiones mediante la transformación e integración de los datos y fuentes de almacenamiento intermedio en un modelo apropiado; Query Manager, ejecuta las operaciones para soportar los procesos de gestión y realización de consultas relacionales, propias del análisis de datos, recoge las consultas del usuario, las emplea en la estructura de datos conveniente y muestra los resultados adquiridos; Herramientas y Consultas De Datos, son los sistemas que permiten al usuario realizar la exploración de datos del DWH. Básicamente constituyen el nexo entre el depósito de datos y los usuarios; y Usuarios, su función es la de planificar los procesos del negocio y tomar las decisiones.

La información que se extrae de sistemas, bases de datos, archivos, entre otros, proviene de diferentes tipos de sistemas, orígenes y arquitecturas con distintos formatos, los datos son integrados, transformados y revisados, para ser cargados en el DWH, la información se organiza en varios cubos multidimensionales para atender las distintas consultas dinámicas solicitadas por los usuarios con una buena presentación.

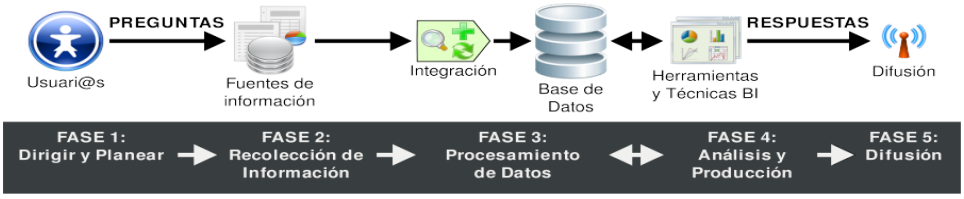


Figura 2 – Arquitectura de un almacén de datos tomada de la metodología HEFESTO (Bernabeu, 2010)

El cubo multidimensional, consta de tantas dimensiones definidas con los requerimientos de los usuarios, entre las dimensiones más importantes tenemos los indicadores, atributos y jerarquías, estos se representan en varios ejes y su intersección es el indicador que se está analizando. La metodología Hefesto comienza con el registro de las necesidades de

información de los usuarios obteniendo así los procesos macros de la organización, el siguiente paso es saber identificar los indicadores provenientes y sus puntos de análisis con los cuales se creará el modelo conceptual de datos del DWH, se examinarán las base de datos de los OLTP o fuentes externas de información para indicar las relaciones con los datos fuentes y elegir los objetos de estudio de cada relación. El siguiente proceso consiste en la elaboración del modelo lógico con sus jerarquías, y al final se definen los procesos de carga, transformación, extracción y depuración de los datos fuentes, los pasos antes señalados se exponen a continuación en la figura 3.



Figura 3 – Metodología HEFESTO (Bernabeu, 2010)

2.4. Modelado de proceso

Para desarrollar el proceso formulado en este trabajo se definen tres niveles de abstracción: conceptual, lógico y físico. El nivel conceptual representa las interacciones entre las instituciones y las relaciones; el nivel lógico describe lo más detalladamente posible los datos, sin tener en cuenta cómo estén realmente en la base de datos, y el nivel físico incluye la especificación técnica, después de la misión y visión de la institución para determinar el diseño del DWH. La propuesta se encuentra definida en el nivel conceptual, mientras que los demás niveles se definirán de manera posterior. El objetivo más importante de este nivel es la representación de las principales propiedades sin considerar las especificaciones detalladas de tecnología alguna de bases de datos, lo que posibilita la independencia del modelo en relación a la plataforma en la cual se va a implementar. Una vez que los requisitos de información se han especificado, se debe encaminar a un modelo conceptual inicial. En la etapa conceptual se desarrollan las bases del proyecto, definiendo el alcance, el plan inicial, la misión y la visión de la institución junto con las metas y la justificación del proyecto. Los requerimientos iniciales son establecidos a través de casos de uso. Se mantiene reuniones de trabajo con las áreas requirentes de la institución con la finalidad de determinar las variables necesarias en la investigación y la estrategia general, mientras que los planes más específicos se determinan mediante los resultados obtenidos en los casos de uso. Este nivel finaliza con la existencia de un alcance definido, plan de desarrollo, análisis de riesgos donde los usuarios coincidan con lo anterior. En la Figura 3, se representa de forma general el nivel conceptual.

3. Resultados

3.1. Análisis de Requerimientos

El análisis de los requerimientos se realizó utilizando las experiencias del usuario, es decir el usuario fue el encargado de establecer los parámetros para el desarrollo del proceso mediante la determinación del tipo de información que requiere. En este caso se planificó reuniones con las áreas requirentes, quienes permitieron conocer los procesos que sigue la institución al gestionar un ticket. La primera historia de usuario se visualiza en la Tabla 1 se coloca la experiencia de usuario de la Dirección Nacional de Recursos Educativos de la Subsecretaria de Administración Escolar, el cual requiere conocer los servicios entregados y el estado de las calificaciones de los estudiantes de las instituciones para conocer el impacto en el proceso de enseñanza aprendizaje.

Historia de Usuario		
Número: 1	Usuario: Analista de Recursos Educativos 2	
Nombre historia: Reporte de servicios entregados y estado de calificaciones de estudiantes		
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Media	
Puntos estimados: 4	Iteración asignada: 1	Programador responsable:
Descripción: Acceder a la base de datos mostrando los estudiantes que pertenecen a instituciones que poseen servicios de: vestimenta, alimentación, internet, laboratorios, debe contener las zonas, distritos, circuitos, régimen, instituciones, nivel educativo, número de estudiantes y promedio anual.		
Observaciones: este reporte permite conocer si en las instituciones que reciben mayores servicios sus estudiantes poseen mejores calificaciones.		

Tabla 1 – Historia de usuario de la Subsecretaría de Administración Escolar – Dirección Nacional de Recursos Educativos (Autoría Propia).

Historia de Usuario		
Número: 2	Usuario: Analista de Regulación de la Educación	
Nombre historia: Reporte de Estudiantes perdidos el año escolar.		
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en desarrollo: Media	
Puntos estimados: 4	Iteración asignada: 1	Programador responsable:
Descripción: Accede a la base de datos mostrando los estudiantes que no cumplen con la nota mínima de 7 en el promedio anual final en los niveles de segundo de educación básica séptimo de educación básica, y quienes en el promedio de cada materia no alcanzaren nota minia de 7 en los niveles de octavo a tercer curso de bachillerato, quienes no pasarán de año, debe contener las zonas, distritos, circuitos, régimen, instituciones, nivel educativo, estudiante, notas por materia, promedio anual final.		
Observaciones: este reporte permite alimentar el sistema de matriculación y asignación liberando cupos disponibles para nuevos estudiantes en la oferta educativa.		

Tabla 2 – Historia de usuario de la Subsecretaria de Apoyo, Seguimiento y Regulación – Dirección Nacional de Regulación de la Educación (Autoría Propia).

En la Tabla 2 se coloca la experiencia del usuario de la Dirección Nacional de Regulación de la Educación de la Subsecretaria de Apoyo, Seguimiento y Regulación, el cual requiere

el reporte de estudiantes que no cumplen con la nota mínima de 7 en el promedio anual final en los niveles de segundo de educación básica séptimo de educación básica, y quienes en el promedio de cada materia no alcanzaren nota minia de 7 en los niveles de octavo a tercer curso de bachillerato, quienes no pasarán de año.

3.2. Análisis del Procesamiento de Transacciones en Línea (OLTP)

Las fuentes de información que la institución genera diariamente mediante sus sistemas internos no están correlacionados y cada uno posee una arquitectura de datos distinta lo que no permite optimizar las cargas transaccionales. Las consultas generadas a los sistemas operacionales no están centralizados los cuales cuando se necesita información cruzada esta debe extraerse de varias estructuras, lo que establecería el objetivo de esta propuesta mediante el uso de un mecanismo de información centralizada y un proceso de entrega de la misma, utilizando metodología ITIL, así el usuario o analista de la institución podrá manipular la información y examinarla. La entrega de los servicios de información se lo realizará mediante la herramienta OTRS (Open-source Ticket Request System) la cual permitirá tener un historial de tickets y solicitudes que puedan ser almacenados. En el caso de la tabla estudiante y su relación directa con la tabla docente, permite representar un historial de la información de los datos de gestión escolar y los servicios entregados. Todos los requerimientos se encuentran relacionados de manera directa.

3.3. Modelo del DWH

En esta fase se definió el modelo lógico del DWH, con las tablas de dimensión y las de hecho, los objetos que se establecieron son los nombres de las tablas con las claves primarias y foráneas en cada una de ellas, así como las longitudes de los campos. Se ha determinado el modelo estrella como el más adecuado para el análisis de los datos, en donde la tabla de docentes tiene relación directa con las demás tablas evitando la redundancia en los datos. En la figura 4, se aprecia el modelo lógico de la tabla de

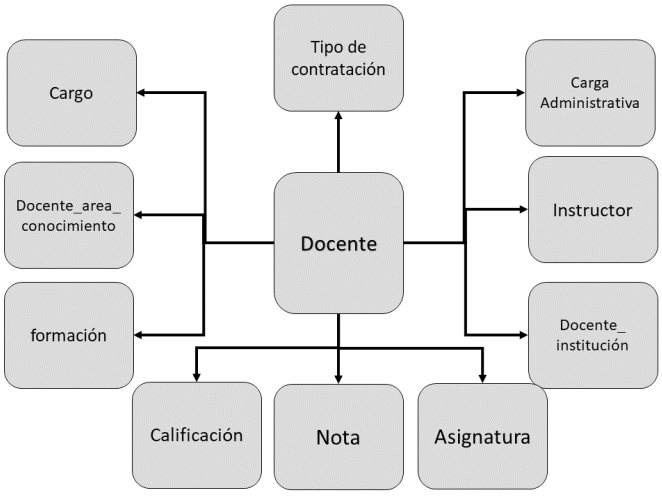


Figura 4 – Diseño de Modelo lógico del Data Warehouse de Docentes

docentes, en donde existe la relación de los docentes con la institución y estudiantes, a su vez se relaciona con los servicios brindados a los estudiantes, toda esta información va registrada en un plan que es el identificador del estudiante.

En la siguiente figura 5 vamos a apreciar el modelo físico creado para los docentes. Este modelo nos permite relacionar el contrato, el las calificaciones generadas, la carga administrativa, la formación del docente y su área de conocimiento.

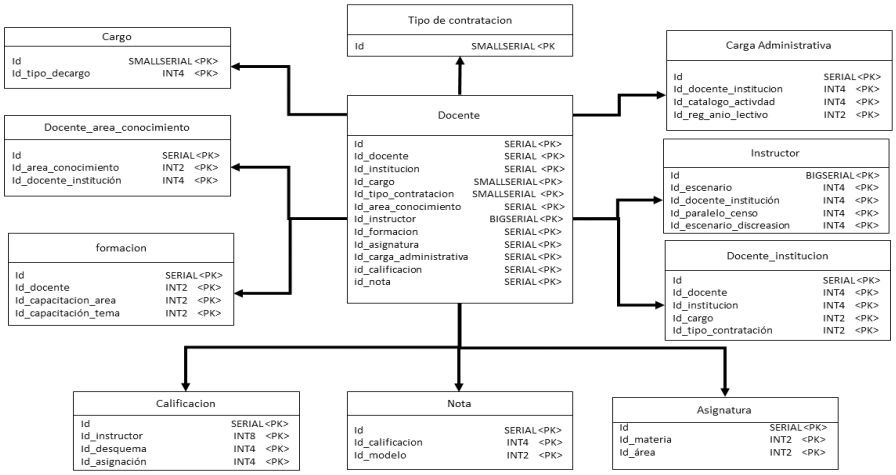


Figura 5 – Modelo Físico del Data Warehouse de Docentes

3.4. Entrega del servicio de información con Metodología ITIL

En la actualidad la DNTIC posee una mesa de servicio a través de la herramienta OTRS, en función a esto se estableció la implementación del proceso de entrega de información, a través del catálogo de servicios de información dentro de la mesa de servicios existente, mencionada alternativa permitirá a las áreas requirentes efectuar sus requerimientos de manera oportuna y acertada.

Una vez concluido el análisis de la situación inicial, se establece que el enfoque del estudio se basara en la metodología ITIL V3 y se determina los procesos ITIL V3 que serían implementados. La DNTIC consideró que lo adecuado sería iniciar con la implementación del catálogo de reportes en la mesa de servicio y la gestión de incidentes, esto conllevó a que la estructura de los procesos ITIL V3 se simplifique al no estar compuesta de todos los Procesos que ITIL V3 propone. El siguiente paso fue determinar a un nivel macro el proceso general que da inicio al proceso de la gestión de incidentes y su resultado final. Al establecer las fases del proceso obtenemos la línea base del procedimiento efectuado con sus entradas y salidas. Antes de detallar las actividades se necesita identificar qué entrada tendrá un proceso de otro y que resultado debe producir. El control de procesos permite determinar si se alcanzó los objetivos inicialmente establecidos y de esta forma

obtener información que permita determinar técnicas de mejoramiento constante. Para definir si un proceso se encuentra alcanzando los objetivos establecidos fue necesario determinar los indicadores correctos, también llamados KPI por sus siglas en inglés, Key Performance Indicators. Éstos representan la medida del nivel del rendimiento de un proceso. Las métricas para establecer el cumplimiento de los objetivos de la institución son: (1) la tasa de resolución de incidentes en la primera llamada que son los porcentajes de incidentes que inicialmente fueron resueltos; (2) nivel de satisfacción del cliente, esta puede considerarse la métrica más importante porque de esto depende la eficacia del servicio; (3) número de incidentes reportados a través de la mesa de servicio; (4) número de incidentes resueltos que es la cantidad de incidentes resueltos en comparación a los reportados; tiempo de resolución del incidente que es el tiempo promedio de resolución de incidentes.

Los valores que se establezcan para cada KPI definen el éxito o no de una manera efectiva y así mismo establece las metas que debe cumplir el dueño del proceso. Los objetivos para medir el nivel de cumplimiento de los procesos son: la tasa de resolución de incidentes en la primera llamada que son los porcentajes de incidentes que inicialmente fueron resueltos; se espera que la resolución de incidentes inicialmente sea del 70% en los primeros 6 meses; nivel de satisfacción del cliente, esta puede considerarse la métrica más importante porque de esto depende la eficacia del servicio; se espera alcanzar un 80% de la satisfacción del cliente dentro del primer semestre y un aumento relativo en el primer año de la implementación. Se justifica los porcentajes antes expuestos, basándose en encuestas internas elaboradas; número de incidentes reportados a través de la mesa de servicio; de ésta métrica se determina el mecanismo de priorización de atención de incidentes, considerando los incidentes con mayor frecuencia de repetición para que en una futura implementación sean atendidos por la Gestión de Problemas; tiempo de resolución del incidente que es el tiempo promedio de resolución de incidentes. Este indicador permitirá establecer el tiempo que se requiere para la resolución de incidentes y el nivel de prioridad de los mismos (Bajo, Medio y Alto) de acuerdo a la frecuencia. Para la DNTIC se definió que el tiempo límite de resolución para los incidentes reportados será de cuatro horas aproximadamente. Fue también importante asignar una dirección de correo electrónico a una determinada cola de ticket el cual es: soportetic@educacion.gob.ec Esta configuración se la ejecuta sobre la opción System Email Adress.

En resumen las metas KPI se establecerían bajo los siguientes parámetros: Resolución de incidentes 70%; Satisfacción del cliente 80%; Número de incidentes reportados, sin definir; Número de incidentes resueltos, sin definir; y Tiempo de resolución de incidentes, 4 horas aproximadamente.

Se asignaron los agentes que serán los encargados de gestionar los tickets creados en OTRS. Los datos requeridos para esta asignación son: Nombre, Apellido, Nombre de usuario, Correo electrónico. Existen seis (6) colas de correos para atender los diferentes tipos de incidentes tal como se muestra en la Figura 6, los reportes de información están dentro de la cola de infraestructura y operaciones con el nombre Generación de reportes especializados tal como se muestra en la Figura 7.

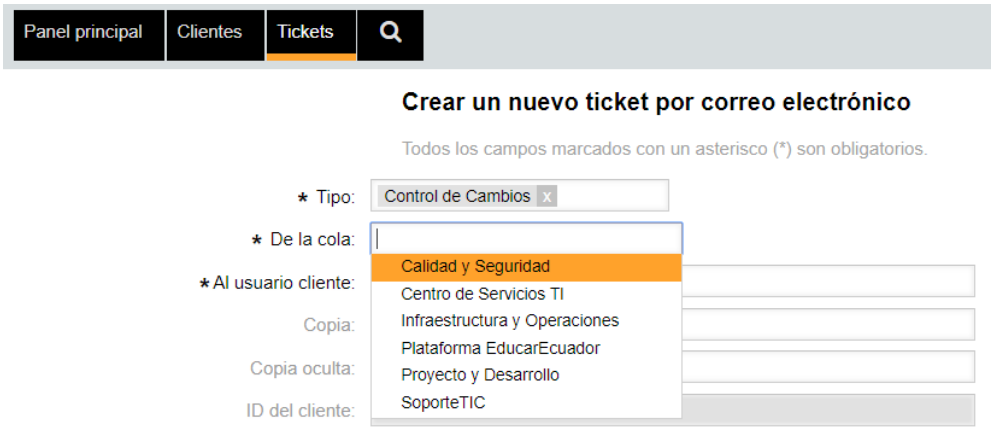


Figura 6 – Colas de servicio

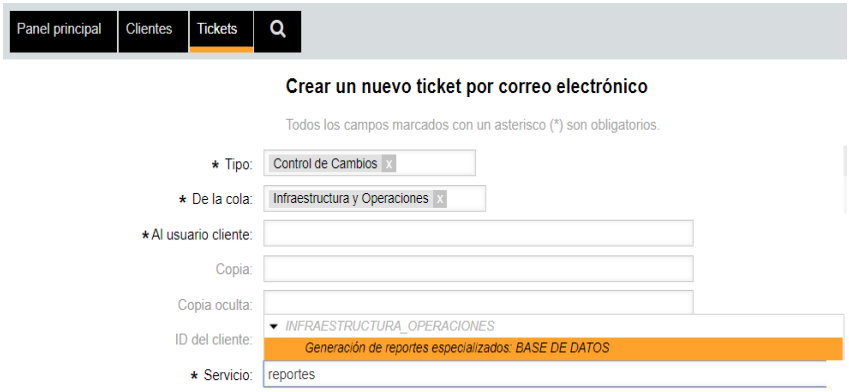


Figura 7 – Generación de reportes especializados

En la encuesta de satisfacción realizada al usuario final luego de la implementación se observa una mejora en de un 15,63% a un 75,65% respecto al tiempo de entrega del servicio de la información gracias a la metodología ITIL y al DWH que acorta los tiempos y la calidad de la información. Dentro de los términos generales se podría determinar la calificación es satisfactoria.

4. Discusión y Conclusiones

Tal como expone (Valverde & Talla, 2014) el marco ITIL consiste en un conjunto de pautas bien evaluadas, exploradas y empleadas. Ciertamente sirve como una herramienta para explorar la reingeniería de procesos y las mejoras al tiempo que cumple con el beneficio de ahorro en recursos, en esta investigación se estableció la implementación del proceso de entrega de información, a través del catálogo de servicios de información dentro de la mesa de servicios existente.

Esta propuesta de DWH basada en una metodología Hefesto, permite relacionar información que no se podía cotejar debido a que se encontraba en varios sistemas y fuentes, en una sola; esta nueva funcionalidad va a permitir que los usuarios de cada área puedan utilizar la información sin necesidad de reprocesarla de manera manual y que debido al volumen era inmanejable.

Esta investigación muestra una aproximación del modelo de desarrollo que se efectúa, mediante la unificación de ITIL Y HEFESTO, la propuesta se centra en los pasos del nivel conceptual, el trabajo en progreso incluye el mejoramiento adicional de los informes y la anexión de fuentes internas y externas adicionales al DWH integrado, como son: Sistema de concurso y escalafón docente, base de títulos que constan en la Senescyt, información de estudiantes pos bachillerato, entre otras; también el trabajo futuro mostrará los índices y resultados de la implementación del DWH que permite la toma de decisiones oportunas y la ejecución de correctivos necesarios debido a los indicadores que se generan.

Referencias

Baker, R. (2010). Data mining for education. *International encyclopedia of education, 7*(3), 112-118.

Baker, R. S., & Yacef, K. (2009). The state of educational data mining in 2009: A review and future visions. *JEDM| Journal of Educational Data Mining, 1*(1), 3-17.

Benbasat, I., Goldstein, D. K., & Mead, M. (1987). The case research strategy in studies of information systems. *MIS quarterly*, 369-386.

Bernabeu, R. D. (2010). Hefesto–Data warehousing: Investigación y sistematización de conceptos-Hefesto: Metodología para la construcción de un data warehouse. Córdova, Argentina. *Córdova, Argentina*.

Bernal, A., & del Moral, G. (2015). Razones que soportan una implementación de ITIL y su relación con el éxito o fracaso de la misma. *Obtenido de Universidad Iberoamericana: http://www. ecorfan. org/proceedings/CTI_II/7. pdf*.

Carneiro, R., Toscano, J. C., & Díaz, T. (2009). Los desafíos de las TIC para el cambio educativo.

Castillo Urbina, H. N. (2015). *Sistema de Soporte de Decisiones (DSS), en el Área de comercialización de productos, en el Supermercado La Matagalpa, Matagalpa 2013*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.

Chakir, A., Chergui, M., Medromi, H., & Sayouti, A. (2015). *An approach to select effectively the best framework IT according to the axes of the governance IT, to handle and to set up an objective IT*. Paper presented at the 2015 Third World Conference on Complex Systems (WCCS).

Chakir, A., Medromi, H., & Sayouti, A. (2013). Actions for data warehouse success. *Journal-IJACSA, 4*(8).

Christensen, L. B., Johnson, B., Turner, L. A., & Christensen, L. B. (2011). Research methods, design, and analysis.

Jamal Skiti et Hicham Medromi. (2011). La Gouverance des Technologies de l'Information à base du Système Multiagent

et le référentiel COBIT. *WOTIC Version 3 ENSEM Casablanca 2011*.

Orlikowski, W. J., & Baroudi, J. J. (1991). Studying information technology in organizations: Research approaches and assumptions. *Information systems research, 2*(1), 1-28.

Robert, Y. (2003). Case study research: design and methods. *Sage Publications, Inc ISBN 0, 761*(92553), 8.

Siguenza-Guzman, L., Van den Abbeele, A., Vandewalle, J., Verhaaren, H., & Cattrysse, D. (2015). A holistic approach to supporting academic libraries in resource allocation processes. *The Library Quarterly, 85*(3), 295-318.

Silva Peñafiel, G. E. (2018). *Análisis de metodologías para la implementación de un Data Warehouse aplicado a la toma de decisiones del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural Regional 3*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Stake, R. E. (1995). *The art of case study research*: Sage.

Valverde, R., Saade, R. G., & Talla, M. (2014). ITIL-based IT service support process reengineering. *Intelligent Decision Technologies, 8*(2), 111-130.

Valverde, R., & Talla, M. (2014). DSS Based IT Service Support Process Reengineering Using ITIL: A Case Study *Engineering and Management of IT-based Service Systems* (pp. 35-65): Springer.

Verheijen, J. v. B. e. T. (2005). Gestion des services informatiques, une introduction basée sur l'ITIL. *Edition Van Haren Publishing*.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 25/09/2019
Aceitação/Acceptance: 20/11/2019

Propuesta de una Arquitectura IoT para el control domótico e inmótico de edificaciones

Cristian Alejandro Rojas T.[1], Gabriel Elías Chanchí G.[2], Katerine Márceles Villalba[1]

cristianrojas@unimayor.edu.co, gchanchig@unicartagena.edu.co, kmarceles@unimayor.edu.co

[1] Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca, Carrera 7 # 2-41, 190003, Popayán, Colombia.

[2] Universidad de Cartagena, Avenida del Consulado, Calle 30 No. 39 B - 192, 130001, Cartagena de Indias, Colombia.

Pages: 28–40

Resumen: En la actualidad la temática de Internet de las Cosas (IoT) ha venido siendo difundida en diferentes contextos de aplicación. En el caso particular de la domótica e inmótica, el uso de tecnologías asociadas a IoT permite la seguridad, control y automatización de diferentes tipos de edificaciones. A pesar de lo anterior, ante la diversidad de tecnologías y considerando que los sistemas comerciales empleados en dicho contexto hacen uso de tecnologías propietarias que resultan ser costosos para usarse en contextos académicos, por lo que se hace necesario el diseño y construcción de sistemas IoT alternativos, soportados en tecnologías de hardware y software libre, que permitan la experimentación y la construcción de servicios de valor agregado. En este artículo se propone como principal aporte la arquitectura de referencia de un sistema IoT para el control de edificaciones, haciendo uso de tecnologías libres. Finalmente se presenta un prototipo a escala de la arquitectura propuesta.

Palabras-clave: Arquitectura, automatización, domótica, inmótica, IoT.

Proposal of an IoT Architecture for the domotic and inmotic control of buildings.

Abstract: At present, the Internet of Things (IoT) theme has been disseminated in different application contexts. In the particular case of domotics and immotics, the use of technologies associated with IoT allows the safety, control and automation of different types of buildings. In spite of the above, given the diversity of technologies and considering that the commercial systems used in this context make use of proprietary technologies that are costly to use in academic contexts, it is therefore necessary to design and build alternative IoT systems, supported by free hardware and software technologies that allow experimentation and the construction of value-added services. In this article we propose as a main contribution the reference architecture of an IoT system for building control, making use of free technologies. Finally, a scale prototype obtained from the proposed architecture is presented

***Keywords*:** Architecture, automation, domotics, inmotics, IoT.

1. Introducción

Internet de las Cosas (IoT) puede ser definido como la interconexión de objetos físicos o dispositivos en una red abierta y conformada por objetos inteligentes que tiene la capacidad de auto gestionarse, compartir información, datos y recursos, reaccionar y actuar frente a situaciones y cambios en el entorno (Naveen & Hedge, 2016) (Zambrano, Ortiz, Calderón, Zambrano, & Urquiza-Aguiar, 2019). En la actualidad IoT ha sido aplicado a diferentes ámbitos de aplicación tales como: sistemas de alertas tempranas, seguimiento de variables fisiológicas en proyectos de salud, sistemas de agricultura de precisión, infraestructura de ciudades inteligentes, sistemas y aplicaciones para domótica, entre otros (Gutierrez-Ardila, Cubillos-Calvachi, Piedrahita-Gonzalez, Montenegro-Marín, & Gaona-García, 2019) (Barrientos-Avendaño, Rico-Bautista, Coronel-Rojas, & Cuesta-Quintero, 2019). Gracias a los diferentes escenarios de aplicación en los que ha sido desplegado IoT, ha sido calificada por expertos como uno de los agentes que potencia el desarrollo de la industria 4.0, en conjunto con inteligencia artificial, la robótica, la impresión 3D y 4D, la nanotecnología, la biotecnología (Barrio, 2018).

Tal como se mencionó anteriormente, uno de los campos posibles de aplicación de IoT es en el desarrollo de sistemas domóticos e inmóticos en las llamadas edificaciones autónomas o inteligentes (Narváez, Yepes, Arciniegas, & Guerra, 2019), en las que los elementos que componen el sistema están conectados en red y pueden ser controlados para realizar acciones o enviar datos mediante el intercambio de información de unos objetos con otros, comunicándolos mediante M2M (Machine to Machine), el cual permite la comunicación máquina a máquina. Estas tecnologías aportan gran solución en el control, administración, seguridad y accesibilidad de las edificaciones, debido que implica que algunos objetos de la vida cotidiana puedan ser controlados y monitoreados remotamente, al tiempo que permitan un ahorro energético, impactando positivamente el ambiente y provocando un mayor confort en los usuarios (Marques & Pitarma, 2019). Estos sistemas además pueden llegar a controlar y/o informar un incidente de seguridad, facilitar tareas cotidianas en especial a las comunidades con alguna discapacidad y a los adultos mayores que viven solos o tiene que depender de otras personas para realizar tareas comunes (Delgado, Girón, Chanchí, & Marceles, 2019).

Para el desarrollo de sistemas IoT en el contexto de la domótica, existen diversas herramientas hardware y software de carácter propietario y libre, por lo cual es necesario escoger las herramientas más adecuadas que posibiliten la implementación de las diferentes capas de la arquitectura convencional de IoT (Delgado, Girón, Chanchí, & Marceles, 2019). A partir de lo anterior, en este artículo se presenta como aporte principal la propuesta de una arquitectura soportada en hardware y software libre, la cual pretende evaluar la factibilidad para el uso de estas tecnologías en cuanto a la implementación de sistemas domóticos e inmóticos, así como servir de referencia para la construcción de servicios en este contexto de aplicación. La arquitectura propuesta cuenta con una capa de datos, capa de interfaz, capa de acceso y capa de objetos, tomando como referencia las arquitecturas a cuatro capas empleadas en diferentes contextos de aplicación de IoT (Quiroga, Jaramillo, Campo, & Chanchí, 2017) (Delgado, Girón, Chanchí, & Marceles, 2019). La capa de datos se encarga de almacenar en tiempo real los datos enviados por las tarjetas Arduino que controlan el sistema, dichos datos se almacenan en la base de datos TINYDB Web, la cual implementa la capa de datos. La capa de interfaz fue diseñada

sobre el sistema operativo Android y se encarga de proporcionar el control domótico y de visualizar los datos almacenados. La capa de acceso permite conectar los objetos con internet, para lo cual cuenta con una conexión Bluetooth que permite una comunicación bidireccional entre las tarjetas Arduino e Interfaz, la conexión Wifi permite enviar los registros a la base de datos en la nube. Finalmente, la capa de objetos implementa la arquitectura domótica descentralizada que conecta los sensores y actuadores con dos o más Arduinos mediante el protocolo I2C (Inter-Integrated Circuit).

De este modo la arquitectura propuesta pretende servir de referencia para el desarrollo de sistemas IoT enmarcados en la temática de domótica e inmótica, los cuales contribuyan a mejorar la seguridad y faciliten la automatización de tareas cotidianas en una edificación. El resto del artículo está organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se presentan un conjunto de trabajos relacionados que se tuvieron en cuenta en la presente investigación; en la sección 3 se presenta el marco conceptual con los conceptos más relevantes que se tuvieron en cuenta para la arquitectura propuesta; en la sección 4 se describen las vistas y cada una de las capas propuestas en la arquitectura y sus respectivas tecnologías empleadas en la implementación de dichas capas; finalmente en la sección 5 se presentan las conclusiones y trabajos futuros derivados de la presente investigación.

2. Trabajos Relacionados

En esta sección se presentan un conjunto de trabajos que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de la presente investigación.

En (Forero, 2016) se propone un sistema para el control lumínico y la detección de movimientos cerca de puertas y ventanas, así como también una aplicación móvil y una de escritorio para realizar el control y seguimiento remoto. Las aplicaciones fueron desarrolladas respectivamente en el sistema operativo Android y en el lenguaje Java. Estas aplicaciones permiten encender y/o apagar las luces, mientras que la App móvil recibe y almacena los datos de los sensores de movimientos que se colocan cerca de puertas y ventanas. Estos datos son enviados desde Arduino haciendo uso de un módulo bluetooth.

Del mismo modo, De Andrade y Pinzón (2013) proponen el desarrollo de un sistema domótico, enfocado en abrir y/o cerrar puertas, para ser implementado en un hogar o industria, al cual facilite la entrada y salida a diferentes puntos. En este proyecto se desarrolló un prototipo a escala del sistema propuesto controlado por un Arduino Uno, el cual recibe el dato enviado por el usuario a través de la herramienta hyperterminal alojada en un portátil o un computador de escritorio haciendo uso de una comunicación tipo bluetooth. Este sistema cuenta con un nivel de seguridad para el emparejamiento de los dispositivos y demuestra como este servicio puede ser de gran ayuda para las personas en estado de discapacidad.

Por su parte en (Mesa & Rojas, 2015) se propone un proyecto cuyo objetivo es diseñar, desarrollar e implementar un producto tecnológico para hogares basado en el monitoreo de redes de energía eléctrica integrado a una red de seguridad. Este proyecto fue desarrollado bajo el marco metodológico SCRUM y demuestra la viabilidad de implantación del sistema en el contexto del mercado colombiano.

De igual manera en (López, Marchena, Castellar, Jiménez, & Quintero, 2015) se propone un proyecto cuyo objetivo es implementar un dispositivo domótico para el control de la iluminación de forma remota desde una tableta, un móvil o un computador, usando el protocolo Zigbee. Este trabajo de investigación concluye después de analizar y comparar las características de varios dispositivos o tecnologías de comunicación, tales como: Bluethooth, Infrarrojo, x10 y Xbee, que el protocolo Bluetooth es más económico, fácil comercializar y además está al alcance de casi todos por el uso de teléfonos inteligente y su rango de hasta 50 metros.

Así mismo, en (Pérez & Fustillos, 2018) se presenta un sistema inmótico para el bloque 4 de la Universidad de las Américas de Quito-Ecuador. El proyecto tuvo por objetivo definir los requisitos, analizar y seleccionar las tecnologías inmóticas y de comunicaciones más apropiadas para dicho proyecto, para así diseñar la red inmótica que permitiera automatizar la seguridad y el control de la edificación.

Tal como se puede apreciar, en los anteriores trabajos se implementan sistemas de control que soportan un número limitado de dispositivos o se relacionan dichos sistemas solo para domótica o solo para inmótica. Es así como esta investigación se plantea integrar múltiples componentes de ambos mundos en una arquitectura IoT integrada, la cual permita un mayor control en las edificaciones, a partir del uso de hardware y software libre. Esta arquitectura pretende servir de referencia para la construcción de sistemas basados en IoT en diferentes contextos de aplicación. Finalmente, a modo de validación de la arquitectura, se presenta un prototipo derivado de la arquitectura y aplicado al contexto de la Facultad de Ingeniería de la Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca.

3. Marco conceptual

En esta sección se presentan un conjunto de conceptos y tecnologías, las cuales se tuvieron en cuenta para el desarrollo este trabajo. Dentro de estas se encuentran: IoT, domótica e inmótica y arquitectura descentralizada para domótica.

3.1. Internet de la cosa (IoT).

Se refiere a la interconexión de objetos cotidianos con internet. IoT está conformado por múltiples tecnologías, como sensores, controladores que permiten procesar la información, aplicaciones móviles, web o de escritorio que brindan control del sistema a los usuarios, protocolos de comunicación y almacenamiento de datos (Quiroga, Jaramillo, Campo, & Chanchí, 2017). En la actualidad no se ha evidenciado la existencia de una arquitectura estándar de IoT, pero se abarcan tecnologías de comunicación, dispositivos de cómputo, sensores y actuadores (Cera, Martínez, Rojas, Villaveces, & Sanmartín, 2015).

3.2. Domótica e Inmótica

La domótica está asociada al concepto de vivienda inteligente y agrupa un conjunto de sistemas y tecnologías electrónicas e informáticas capaces de automatizar y controlar una vivienda. Su objetivo es generar mayor confort, seguridad, bienestar y facilitar el control por medio de una red de interconexión de los objetos que componen una

edificación (Flórez, 2004). La inmótica está asociada al concepto de edificio inteligente, el cual experimenta un crecimiento importante en los últimos años el cual según CEDOM (Asociación Española de Domótica) y se define como la incorporación de edificios singulares o privilegiados, comprendidos en el mercado terciario e industrial en sistemas de gestión y automatización de las instalaciones. La inmótica está orientada a grandes edificaciones como: hoteles, centros educativos, oficinas, centros comerciales y en si edificaciones no residenciales, teniendo como objetivo la seguridad y el control eficiente fundamentado en 4 pilares según el CEDOM (Asociación Española de Domótica): control energético, seguridad, confort y comunicación (Carrillo-Caicedo & Peña, 2008).

3.3. Arquitectura descentralizada

La arquitectura descentralizada (ver Figura 1) cuenta con varios controladores interconectados por un bus, el cual envía información entre dichos controladores, los actuadores e interfaces según su programación, la configuración y la información que recibe de los sensores y usuarios (Pérez, Karina, Chimborazo, Edison, 2018).

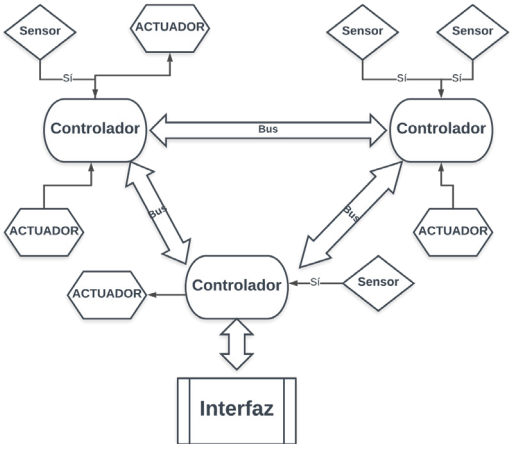


Figura 1 – Arquitectura descentralizada de la domótica.

4. Propuesta de la Arquitectura IoT del Sistema

En esta sección se presenta la arquitectura del sistema IoT propuesto, la cual está conformada por cuatro capas: capa de datos, capa de interfaz, capada de acceso y la capa de objetos que integra los controladores, actuadores y sensores (ver Figura 2).

Esta arquitectura presenta 2 vistas: vista de funcional en la cual se describen las capas funcionales de la arquitectura y la vista de implementación donde se presentan las tecnologías de hardware y software libre que se utilizaron para la implementación de prototipo de la arquitectura. Las vistas propuestas en la arquitectura presentada en

este artículo, adaptan las ideas de capas y vistas arquitectónicas para sistemas IoT propuestas por (Quiroga, Jaramillo, Campo y Chanchí, 2017; Delgado, Girón, Chanchí y Marceles, 2019).

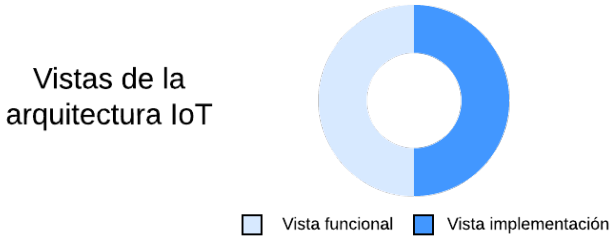


Figura 2 – Vistas de la arquitectura.

4.1. Vista funcional

En la figura 3, se observan los diferentes módulos funcionales que componen las capas de la propuesta arquitectónica. La capa de datos se encarga del almacenamiento, captura y consulta de los datos recolectados en la capa de captura (sensores-microcontroladores). En la captura, los datos son obtenidos desde la capa acceso, la cual recibe los datos de los sensores y actuadores vía bluetooth, para posteriormente mostrarlos en la capa de interfaz y de ahí sean capturados para ser enviados vía Wi-Fi a la base de datos para su almacenamiento. En la consulta, los datos son consultados desde la base de datos para ser enviados vía Wi-Fi a la capa de interfaz y ser mostrados en la ventana “ver datos”.

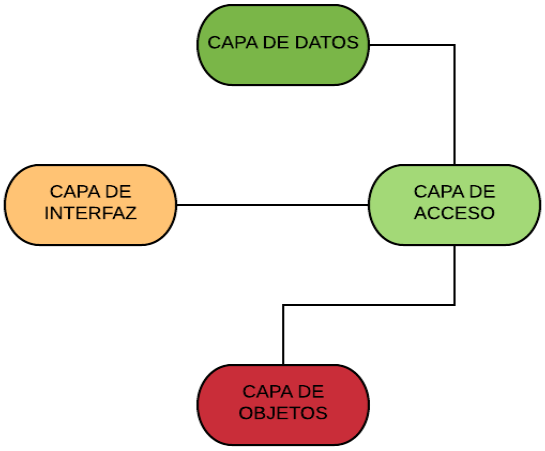


Figura 3 – Diagrama funcional de la arquitectura.

La capa de acceso se encarga de transmitir los registros entre la capa de datos, la capa de objetos y capa de interfaz. En la interacción con la capa de interfaz, se encarga de enviar y recibir datos para ser mostrados o enviarlos desde la interfaz de usuario. En la interacción con la capa de datos, esta se encarga de enviar o consultar los datos vía wifi y en la interacción con la capa de objetos, recibe los datos de los sensores desde los microcontroladores vía bluetooth. De igual manera, se encarga de enviar las acciones requeridas por el usuario al microcontrolador para que los actuadores cumplan la acción del usuario sobre el sistema.

La capa de interfaz se encarga de brindarle al usuario la interacción con todo el sistema, permitiéndole consultar los registros almacenados en la base de datos. De igual manera, le permite a éste recibir en tiempo real los datos enviados por los sensores y actuadores desde los microcontroladores y finalmente le da al usuario control sobre las luces permitiéndole prender o apagar las luminarias.

La capa de objetos por su parte se encarga de enviar datos o recibir órdenes vía bluetooth desde y hacia los microcontroladores (tarjetas Arduino), para que éstos lean los datos de los sensores u ordenen a los actuadores cumplir la respectiva función.

Las funciones descritas anteriormente para cada una de las capas propuestas en esta arquitectura y su interacción con las demás capas se presentan en los diagramas de flujo de las figuras 4 y 5, donde se describen las secuencias funcionales de la arquitectura IoT para el control domótico e inmótico para edificaciones.

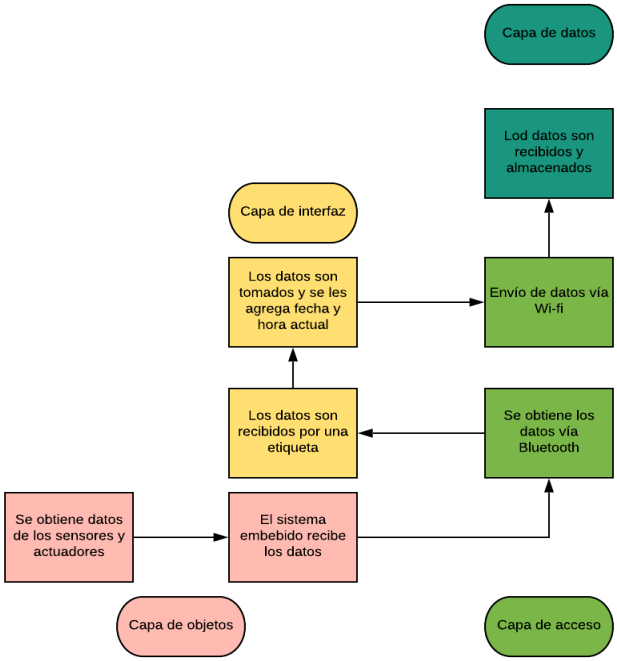


Figura 4 – Diagrama funcional captura de datos.

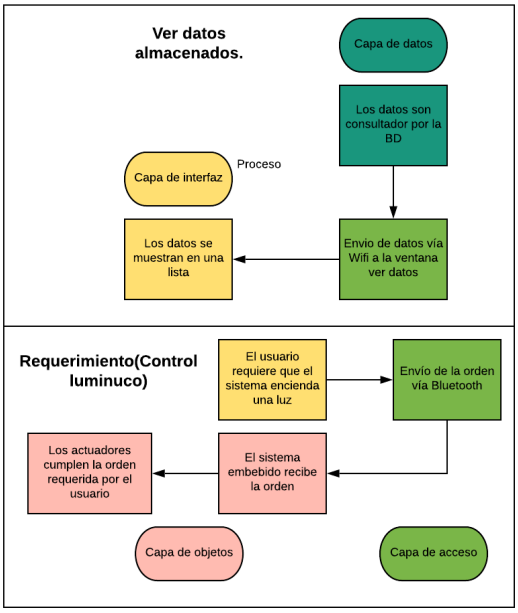


Figura 5 – Diagrama funcional, consulta de datos y control lumínico.

4.2. Vista de implementación

En la vista de implementación se muestran los componentes de hardware y software del sistema propuesto, en los cuales se presentan los diseños de la App y el circuito. En la figura 6, se observan las tecnologías empleadas en cada una de las capas propuestas en la arquitectura descrita en el presente artículo.

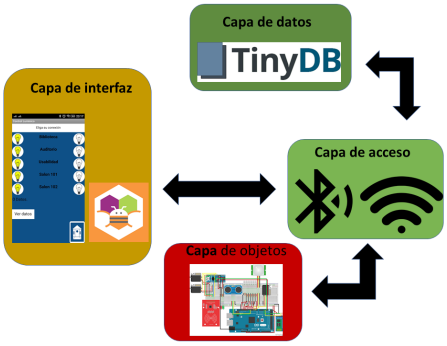


Figura 6 – Vista de implementación.

Se observa en la parte inferior de la figura 6, la capa de objetos donde se ubican los microcontroladores encargados de comunicarse con los sensores y actuadores ya sea para recolectar datos y/o ordenar a los actuadores cumplir su respectiva función. Es

así como en la tarjeta Arduino Mega se implementa un módulo bluetooth encargado de comunicarse inalámbricamente con la capa de acceso que se encuentra ubicada en la parte derecha. Dicha capa tiene por función mostrar en tiempo real los registros recolectados en la capa de interfaz ubicada en la parte izquierda. En la capa de interfaz por su parte está desplegada una aplicación desarrollada para el sistema operativo Android, la cual muestra los registros y permite realizar operaciones de control lumínico. Finalmente, dichos registros son enviados vía Wi-Fi a la capa de acceso, la cual se encarga de remitir los registros recolectados a la capa de datos, en la cual se almacenan en la base de datos en línea TinyDB Web.

4.2.1. Capa de objetos

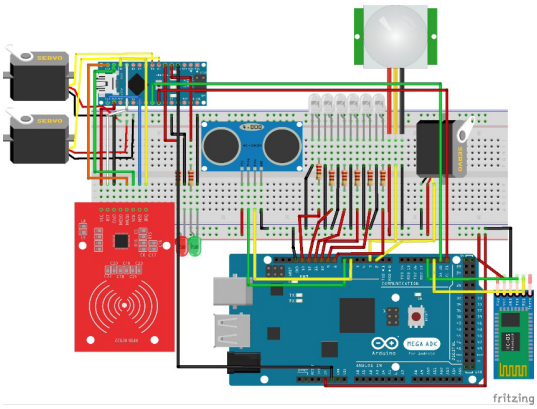


Figura 7 – Diagrama del circuito.

En este trabajo se implementó la arquitectura descentralizada, usando el protocolo I2C cuya función es controlar las tarjetas Arduino Nano. Esta tarjeta a su vez controla el sensor RFID-RC 522 y dos servos motores SG-90, encargados de realizar el control de acceso a la instalación. Cuando se da acceso a las instalaciones un led verde se enciende y al cerrar el led rojo se acciona hasta próxima apertura.

También se utiliza la tarjeta Arduino Mega, la cual permite la comunicación con el resto de la arquitectura a través del módulo bluetooth HC-06, el cual cuenta con nombre y contraseña configurado mediante comandos AT para obtener una seguridad básica en el sistema. De igual manera los sensores utilizados son el PIR HC-SR501, encargado de captar los movimientos de una de las salas de las instalaciones, sensor ultrasónico HC-SR04 y un servo motores SG-90 encargados de la apertura automática de una de las puertas internas, y bombillos LED como prototipos de las luminarias. Los sensores, actuadores y sistemas embebidos mencionados anteriormente fueron elegidos por ser herramientas de hardware libre que también son de bajo costo, lo cual permite que la arquitectura sirva de referencia para ser implementada en diferentes entornos de aplicación.

4.2.2. Capa de acceso

Para establecer conexión con las demás capas de la arquitectura propuesta se hizo uso de las tecnologías Bluetooth y wifi. Dichas tecnologías son accedidas desde el dispositivo que controla el sistema, para lo cual, el usuario debe encender su Bluetooth y wifi. Bluetooth es el protocolo que permite comunicarse con la capa de objetos para recolectar los datos. wifi permite enviar los datos obtenidos desde los sensores para ser almacenados en la base de datos web.

4.2.3. Capa de interfaz



Figura 8 – Interfaz gráfica.

En la figura 8, se observa la interfaz gráfica de usuario desarrollada para dispositivos Android desde el IDE App Inventor. Esta aplicación le permite al usuario tener control lumínico de una edificación usando botones de apagado y encendido. De igual manera permite recolectar los datos obtenidos del sensor de movimiento casi en tiempo real. Dichos sensores proporcionan seguridad a la edificación detectando la presencia de objetos o personas en ella. Finalmente, la App cuenta con una ventana de visualización de datos que muestra los registros almacenados.

4.2.4. Capa de datos

Para la implementación de la capa de datos propuesta en esta arquitectura, se seleccionó el gestor de bases de datos de TinyDB Web, el cual ofrece una prestación demo que almacena máximo 250 entradas (al agregar más entradas se van borrando los registros antiguos). Se considero este servicio demo para el prototipo, pero se puede implementar

servicios de mayor capacidad y características adicionales ejecutando su código fuente en Google AppEngine.

4.3. Prototipo a escala del sistema



Figura 9 – Prototipo de la arquitectura

En la figura 9 se presenta un prototipo a escala derivado de la arquitectura propuesta en este artículo, el cual está inspirado en la sede Bicentenario del Colegio Mayor del Cauca. En esta figura, se observa la puerta principal la cual abre de manera automática gracias a los servos motores verificando quien puede ingresar a las instalaciones haciendo uso del lector de tarjetas RFID y mediante una alarma visual (led rojo y led verde), donde se indica la apertura y cierre de las puertas. Al interior de ésta se encuentra otra puerta automática que se acciona usando un sensor ultrasónico que permite abrir la puerta cuando un objeto se acerca. También se tiene un sensor de presencia, el cual detecta los objetos en movimiento en dicha instalación para ser almacenados en la base de datos. Finalmente, los leds son apagados y/o encendidos desde la aplicación móvil por parte de la necesidad y/o requerimiento del usuario.

Cabe mencionar que durante el diseño e implementación de la arquitectura, se presentaron inconvenientes con el bluetooth debido a que su alcance es muy corto, lo cual afecta la comunicación entre las diferentes capas y/o componentes del sistema. Por esta razón se concluye que como trabajo futuro el sistema debe contar con conexión de red wifi que permita un rango más amplio de funcionamiento con el cual el sistema reduciría tiempos de respuesta y mayor alcance de comunicación entre los diferentes componentes.

5. Conclusiones y trabajos futuros

En este artículo se propuso como aporte una arquitectura IoT que puede ser considerada para el desarrollo de proyectos en el contexto de la domótica y la domótica. La arquitectura consta de cuatro capas (capa de objetos, capa de acceso, capa de datos y capa de interfaz) partiendo de las arquitecturas convencionales de IoT en otros contextos de aplicación y fue presentada mediante dos vistas, la vista funcional y la vista de implementación. La intención de la arquitectura es que sirva para generar instancias de sistemas que puedan contribuir con el control y automatización en las edificaciones.

Las herramientas y tecnologías de hardware y software libre consideradas demostraron ser adecuadas y pretenden servir de base para la construcción de prototipos en el área de la domótica y la inmótica. Así mismo, estas herramientas y tecnologías pueden ser empleadas en proyectos asociados a diferentes contextos de aplicación.

Adicionalmente, como trabajo futuro, se pretende agregar más componentes al sistema para obtener mayor confort, seguridad y control sobre las edificaciones, de tal modo que se integren alarmas contra incendios, cámaras de seguridad, se mejore la potencia para los Arduinos y se haga uso de sistemas embebidos de mayor capacidad. De igual modo, se pretende mejorar la base de datos para el almacenamiento y reconocimiento de los Tags RFID, con el fin de permitir que se muestre un mensaje de bienvenida a los usuarios de la edificación a través de una pantalla LCD.

Referencias

Barrientos-Avendaño, E., Rico-Bautista, D., Coronel-Rojas, L., & Cuesta-Quintero, F. (2019). Granja inteligente: Definición de infraestructura basada en internet de las cosas, IPV6 y redes definidas por software. . *Revista RISTI*, 183-197.

Barrio, M. (2018). *Internet de las cosas*. Madrid-España: Reus.

Carrillo-Caicedo, G., & Peña, C. (2008). Edificios Inteligentes - Caso de estudio el CENTIC de la UIS. *XXIX Congreso Nacional de Ingeniería* (págs. 1-22). Bucaramanga : UIS.

Cera, J., Martínez, L., Rojas, J., Villaveces, J., & Sanmartín, P. (2015). Apoyo al estado del arte del internet de las cosas en salud. *Revista I+D en TIC, 6*(1), 14-25.

De Andrade, A., & Pinzón, A. (2013). *Implementación del sistema de domótica en el hogar*. Pereira-Colombia: Universidad Católica de Pereira.

Delgado, D., Girón, D., Chanchí, G., & Marceles, K. (2019). Arquitectura IoT para la identificación de personas en entornos educativos. *Revista RISTI*(E17), 841-853.

Flórez, M. (2004). Hacia una definición de la domótica. *Informes de la construcción, 56*(494), 11-17.

Forero, J. (2016). *Sistema de seguridad y control lumínico mediante teléfono móvil*. Bogota-Colombia: Universidad Francisco José de Caldas.

Gutierrez-Ardila, C., Cubillos-Calvachi, J., Piedrahita-Gonzalez, J., Montenegro-Marín, C., & Gaona-García, P. (2019). Sistema IoT para el autodiagnóstico de enfermedades del corazón usando evaluación matemática de la dinámica cardiaca basada en la teoría de la probabilidad. *Revista RISTI*(E17), 1-10.

López, E., Marchena, P., Castellar, J., Jiménez, H., & Quintero, A. (2015). Diseño de un dispositivo domótico para el control de iluminación. *Revista I+D en TIC, 6*(1).

Marques, G., & Pitarma, R. (2019). Saúde ocupacional e ambientes de vida melhorados com recurso à Internet das Coisas. *Revista RISTI*(E19), 1-13.

Mesa, D., & Rojas, C. (2015). *Creación de un sistema domótico de seguridad y consumo energético para hogares: HOMEODE*. Bogotá-Colombia: Universidad Santo Tomas.

Narváez, L., Yepes, A., Arciniegas, S., & Guerra, L. (2019). Sistema electrónico de iluminación inteligente en ambientes académicos. *Revista RISTI*(E19), 683-693.

Naveen, S., & Hedge, G. (2016). Study of IoT: Understanding IoT Architecture, Applications, Issues and Challenges. *International Journal of Advanced Networking & Applications - IJANA,* , 477-482.

Pérez, K., & Fustillos, E. (2018). *Diseño de la ingeniería inmótica del bloque 4 – Sede Queri de la Universidad de las Américas*. Quito-Ecuador: Universidad de las Américas.

Quiroga, E., Jaramillo, S., Campo, M., & Chanchí, G. (2017). Propuesta de una Arquitectura para Agricultura de Precisión Soportada en IoT. *Revista RISTI*(24), 39-56.

Zambrano, A., Ortiz, E., Calderón, X., Zambrano, M., & Urquiza-Aguiar, L. (2019). Sistema de localización de personas desaparecidas basado en IoT. *Revista RISTI*(E19), 82-94.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 19/10/2019
Aceitação/Acceptance: 31/12/2019

Automatización del proceso de evaluación de los trabajadores a través de la plataforma Bizagi

Andrade Vera Alicia Germania[1]

ali_germa@hotmail.com.

[1] Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, Ecuador

Pages: 41–53

Resumen: La satisfacción laboral de los trabajadores es un precursor de productividad y desarrollo de una sociedad, es por esta razón que las empresas actualmente han optado por evaluar a sus colaboradores. El presente trabajo detalla la automatización del proceso de evaluación relacionado con la satisfacción laboral de los trabajadores en las organizaciones que se realiza periódicamente para poder definir objetivos, metas, medidas correctivas y bonificaciones, un problema importante ya que refleja el comportamiento que tiene el capital humano respecto a su trabajo, considerando perspectivas cruciales que crean en el trabajador emociones positivas o hostiles que dependen de las condiciones del lugar de trabajo. Para sistematizar el procedimiento, se toma como guía el enfoque BPM de Gestión de Procesos Empresariales, que se complementa con el Modelo y la Notación del Proceso de Negocios (BPMN), Suite de Gestión de Procesos Empresariales (BPMS) y el software Bizagi Studio para la recreación del procedimiento.

Palabras-clave: Modelado, Gestión de procesos de negocio, Bizagi, Evaluación, Satisfacción Laboral.

Workers assessment automation process through the bizagi platform

Abstract: Job satisfaction of workers is a precursor of society productivity and development, for this reason companies have chosen to evaluate their employees. This paper details the automation of the evaluation process related to job satisfaction of employees in organizations which have done periodically in or-der to define objectives, goals to achieve, corrective actions and bonuses, a major problem because it reflects the behavior that have workers to their job, considering crucial insights that will create positive or hostile emotions depending on the conditions that the workplace presents; to systematize the procedure, it has taken as a guide BPM business process management approach that complements the Model and Notation of Business (BPMN), Suite Business Process Management (BPMS) and the Bizagi Studio software for recreation process through schemes, structures, business rules, members, showing the states of the work process among its activities. Development stages have been considered by the Bizagi tool, which are: modeling, construction and execution.

Keywords*:* Modeling; business process management; bizagi; evaluation; job satisfaction.

1. Introducción

La satisfacción laboral es un componente importante para el logro empresarial, ya que depende en gran medida del cumplimiento de los objetivos de la empresa, se ha visto que cuando se estimula a las personas, pueden trabajar más fervientemente para lograr sus objetivos y los de la asociación, para que puedan sentirse felices con el trabajo que realizan, también pueden realizar sus actividades de la manera más ideal (Sánchez Trujillo & García Vargas, 2017).

Según las indicaciones de Oxford Economics en todo el mundo, el 76% del capital humano no están contentos con su trabajo, esto debido a los bajos salarios, planes de jubilación, horarios especiales y, particularmente, la mala administración de las asociaciones. Del mismo modo, demuestra que "las jerarquías directivas casi nunca están sincronizadas con las estrategias y prioridades fijadas por las áreas de recursos humanos". Siendo esta otra parte que influye legítimamente en el cumplimiento de los trabajadores, lo que repercute adicionalmente en el trabajador (Oxford Economics, 2014).

La satisfacción Laboral de los trabajadores es un precursor de la rentabilidad y la mejora de una sociedad. En Ecuador, se utiliza como fuente de información la Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU), y se evalúa en qué medida los componentes afectan la probabilidad del trabajador de ser feliz con su trabajo. Se utiliza un modelo logit organizado utilizando datos del 2007 y 2015 de la ENEMDU para cuantificar el cambio temporal. Los resultados revelan que el salario junto con las pocas ventajas laborales obtenidas son uno de los elementos más importantes de insatisfacción laboral.

El mejor enfoque para gestionar toda la organización son los procesos. Concibiendo esto como una cadena de actividades planeadas para contribuir y lograr el resultado esperado, y un rendimiento que por lo tanto satisface las necesidades del cliente (Cadena Montezuna & Oliva Chavez, 2011).

La automatización de procedimientos es una elección problemática que las organizaciones deben tomar para expandir la rentabilidad y mejorar los activos (Gómez Cabrera & Orozco Ovalle, 2014), por lo que recrearlos con la ayuda de dispositivos computacionales es una alternativa factible para evaluar de manera competente las progresiones producidas en el flujo de trabajo ordinario.

El objetivo subyacente es establecer un procedimiento eficiente que permita evaluar la satisfacción laboral, y que los efectos posteriores de la evaluación individual aporten a la toma de decisiones de los principales directivos, y de esta forma lograr que el personal rinda como la organización lo necesita y se sienta satisfecho con su trabajo.

La propuesta toma como guía la técnica BPM para analizar, diseñar, representar, y controlar el procedimiento y se complementa con la notación grafica BPMN para representar la comunicación entre sus actividades ya que permite un modelado wokflow y Bizagi como un instrumento innovador por su funcionalidad, seguridad y versatilidad. El sistema BPM está constituido por algunas etapas que son: modelar, construir y ejecutar. Cada etapa desglosa varias actividades a realizar, las mismas que dieron como

resultado el desarrollo del modelo inicial, el modelo actualizado, la visualización de información, la mejora de la estructura, la producción de reglas comerciales, que juntos representan a una aplicación que refleja la mejora del procedimiento (Torres Ruiz & Schmidt, 2016; Marciszack, Perez Cota & Groppo, 2015; Molina Ríos & Gómez Moreno, 2016).

El presente trabajo se enfoca justamente en hacer uso de las tecnologías BPM y aplicarla en la automatización de un proceso de una empresa a nivel local dedicada a la construcción. La empresa constructora está ubicada en el cantón la Libertad de la provincia de Santa Elena, constituida por 50 trabajadores distribuidos en las diferentes áreas, una vez al año ejecuta un cuestionario que consta de 30 preguntas impreso en papel A4, con un encabezado donde el funcionario deberá registrar sus datos personales.

Una vez que el funcionario termine de contestar las preguntas, el encargado del área de talento humano, debe registrar las respuestas en un archivo excel y tabular todas las preguntas en formas de diagramas, en escala porcentual, esto con el objetivo de poder tomar decisiones en función de las respuestas. Aplicar la encuesta a todos los funcionarios aproximadamente toma una hora, y realizar la tabulación de cada pregunta por cada trabajador alrededor de 4 horas.

Con el objetivo de mejorar el proceso de evaluación respecto a la satisfacción laboral en la empresa de construcción de la provincia de Santa Elena se desarrolló un sistema utilizando la herramienta bizagi, para modelar el proceso y automatizarlo, con el objetivo de reducir el número de horas aplicadas para ejecutar todo proceso y minimizar el uso de papel.

2. Principales definiciones

2.1. Modelado de procesos

Un proceso de negocio comprende un conjunto de actividades en el que intervienen recursos dando como resultado un producto o servicio, (bergCamargo Cuervo, Suárez Mendoza, & Ballesteros Ricaurte, 2013).

Para la elaboración de un modelo es importante traducir los procedimientos totalmente considerando sus actividades, objetivos y roles, para lograr su automatización y mejora incesante, a pesar de que las empresas deciden dar estados de actividad y control de los procesos de negocio (García González & Ampuero, 2015; Canas C., Bedoya Rámirez, & Urrego Agudelo, 2016; Congacha Aushay & García, 2017; Martínez Figueredo & Infante Abreu, 2015; Martínez Busto, y otros, 2012; Torres Ruiz & Schmidt, 2016).

2.2. Bizagi Modeler

El ciclo BPM representado por Bizagi utiliza este dispositivo en la fase subyacente del procedimiento ágil que muestra la utilización de la documentación BPMN conocida en general por ser directa y clara al aclarar la comunicación de las actividades de los procesos (Molina Rios & Cinthia Noemi, Repositorio Digital de la UTMACH, 2015).

2.3. Bizagi Studio

Con este instrumento, Bizagi permite fabricar formularios en aplicaciones ejecutables sin programación avanzada. Requiere el plan y la elaboración de flujos de procedimientos, estructuras, reglas de negocio y usuarios (Molina Rios & Jose Miguel, 2015).

2.4. Gestión de Procesos de Negocio

BPM es un procedimiento utilizado en el diseño, representación, investigación y control de procedimientos, para mejorar la presentación y productividad de los procesos (Cruz & Lévano, 2013; Camargo Cuervo, Suárez Mendoza, & Ballesteros Ricaurte, 2013; Espinosa Cruz & López Paz, 2014).

La aplicación de BPM en los procesos organizacionales, permite a las empresas pasar del enfoque tradicional jerárquico y funcional a uno orientado a la adaptación ágil que se involucra con las necesidades de los clientes (Santos López & Santos De La Cruz, 2012).

En la gestión procesos de negocios existe una variedad de recursos gráficos para estructurar modelos que se enmarcan en las categorías de Objetos de flujo, Objetos de conexión, Carriles y Artefactos como se presenta en la figura 1.

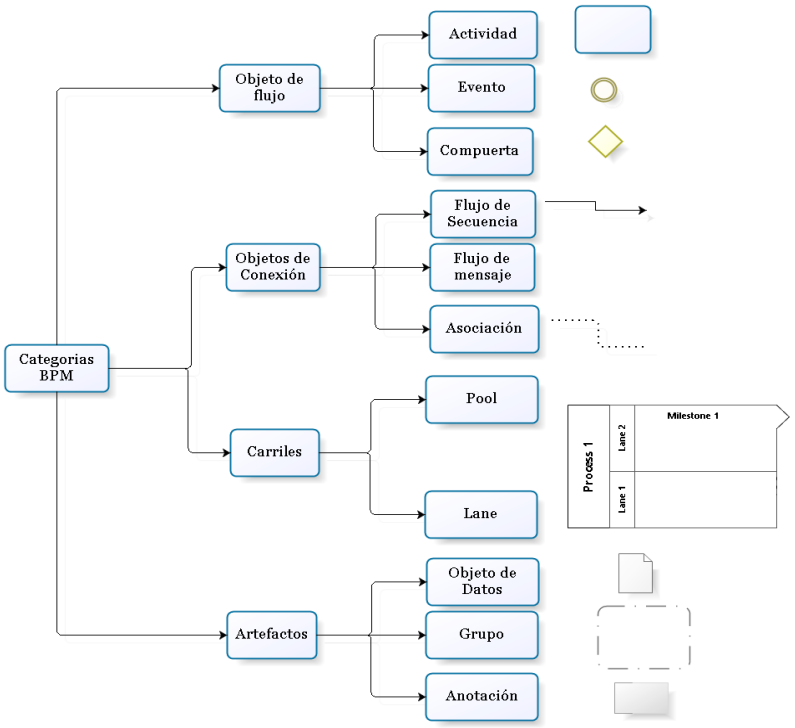


Figura 1 – Categorías BPM (adaptación Bizagi.org, s.f.).

2.5. Satisfacción Laboral

La satisfacción laboral es un sentimiento de relativo deleite o tormento, y que no está controlado por problemas objetivo ni obtenido de objetivos sociales. Un trabajador estará contento con su trabajo cuando considere que recibe un salario justo respecto a sus funciones y un exista un ambiente laboral adecuado.

3. Metodología

La Plataforma de Negocios Digitales de Bizagi permite a las asociaciones y directivos manejar el ciclo de vida completo de sus procedimientos: Modelado, Construcción y Ejecución, utilizando un dominio gráfico y con la medida básica de programación. Al ocuparse de todo el ciclo de vida de sus procedimientos, puede lograr rentabilidad, competencia y desarrollo de beneficios de manera económica a largo plazo (Bizagi. org, s.f.).

3.1. Modelar

La fase inicial para crear una solución Bizagi es estructurar el flujo del procedimiento que es una cadena de actividades; la estructura principal de la empresa, debe incorporar los factores y los componentes importantes para satisfacer las necesidades de la asociación (Bizagi.org, s.f.).

El primer paso para la automatización de los procesos en la herramienta Bizagi es el modelado del proceso. Este consiste en establecer las actividades involucradas con la respectiva relación secuencial entre ellas, siguiendo una estructura que conste con inicio, conjunto de actividades y un fin. Es básicamente un diagrama de flujo que cuenta con una secuencia de actividades que en conjunto conforman un proceso, donde para cada actividad existirá un responsable.

Bizagi hace uso de una serie de elementos gráficos para esquematizar los procesos, como si se tratase de un diagrama de flujo en la que un elemento es la abstracción de una actividad o tarea del mundo real.

De manera más específica, para la automatización del proceso de evaluación relacionado con la satisfacción laboral de los trabajadores en las pequeñas y medianas empresas, se hizo uso de los siguientes elementos gráficos disponibles en la paleta de Bizagi:

1. El evento de inicio- establece donde empieza un proceso en particular en términos de secuencia de flujo. El evento de inicio indica el ahora del proceso o punto de partida del cual se desprenderán las actividades secuenciales, por lo tanto, no tiene ninguna entrada o flujo de secuencia. Este evento es el que desencadena los siguientes y se conecta con la primera actividad;
2. El evento Final- determina en qué punto finalizará un proceso. En cuanto al flujo de secuencia de las actividades, este evento finaliza el momento del proceso y da cierre a un ciclo de actividades, por ello se dice que este evento tiene un flujo de secuencia saliente. Se caracteriza por el hecho de que no se puede conectar ningún flujo de secuencia desde un evento final;

3. Las pasarelas exclusivas– estos elementos corresponden a las decisiones que pueden tomarse en cierto punto en el flujo de tareas. Son ubicaciones dentro de un proceso en general donde el flujo de secuencia puede tomar más de una ruta como posible alternativa, básicamente las bifurcaciones que podrían presentarse en el camino de un determinado proceso. Existen 4 tipos de pasarelas: Paralela, Inclusiva, basado en eventos y complejas;
4. Tarea- una tarea es cualquier actividad que forme parte de un proceso. Son abstracciones de las actividades realizadas en un proceso real. Se utiliza una tarea cuando el proceso no está roto, es decir existe una continuidad en el proceso en general. En la mayoría de los casos las tareas tendrán un usuario final o una aplicación responsable;
5. Flujo de secuencia– son aquellas líneas conectoras representadas a modo de flechas que son utilizadas para mostrar el orden en que las actividades se realizarán en un proceso. Cada flujo tiene un solo origen y un solo objetivo. Es el elemento que relaciona y da continuidad a los demás elementos que conforman el proceso;

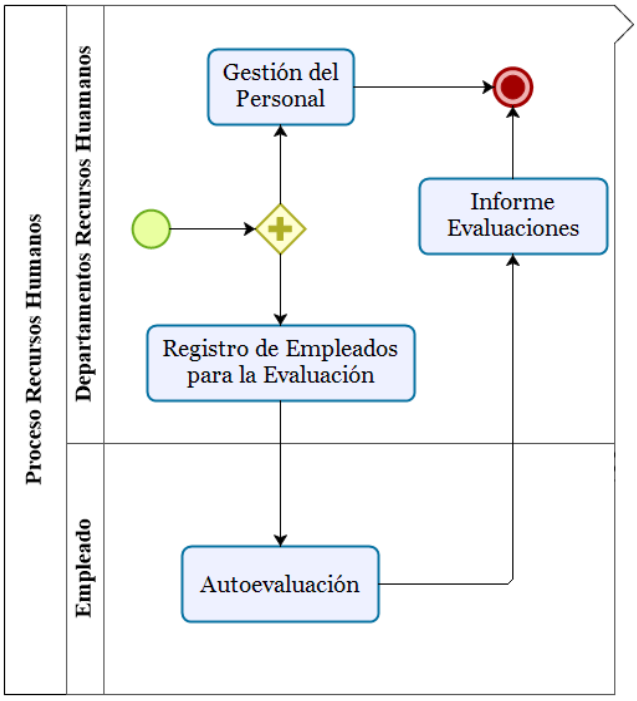


Figura 2 – Diagrama de Flujo: Proceso Evaluación

6. Contenedor (Hito)- es una subpartición o división dentro de un proceso. Es aquella que permite seccionar el proceso en partes donde a cada una de estas es posible asignarle un actor responsable.

Tal como muestra la figura 2, lo primero que se realizó fue el diagrama del proceso definiendo cada actividad, y los autores responsables de ejecutar las mismas. El encargado de Talento Humano es quien gestiona y registra los empleados, procesos que se pueden ejecutar en paralelo, puesto que al momento de registrar un empleado se puede habilitar a otro para que realice la evaluación, además será responsable de generar los informes de las evaluaciones realizadas. Otro actor que participa dentro de este proceso es el empleado, quien por su parte sólo deberá realizar la evaluación, posterior a que se haya cumplido con el registro en el sistema.

A través de este diagrama también se estandarizó el proceso de evaluación de satisfacción al empleado, ya que el mismo constará de los actores ya mencionados y de las actividades que muestra la figura 2, con la finalidad de que se cumpla con toda seguridad el mismo proceso respetando su flujo independiente del año de evaluación o inclusive de la persona encargada del área de talento humano.

3.2. Construir

Después de planificar el procedimiento, la siguiente etapa es fabricar la solución, es decir, automatizar.

Automatizar consiste en cambiar cada uno de las actividades del procedimiento en una aplicación Tecnológica. Bizagi Studio es un dispositivo utilizado para computarizar formularios que se caracterizaron recientemente en Bizagi Modeler. Un asistente simple de utilizar lo administrará a través de cada uno de los medios para realizar un procedimiento total: definir el modelo de datos, las interfaces de usuarios, las reglas de negocio, la asignación de trabajo y la integración con otras aplicaciones, entre otras cosas (Bizagi.org, s.f.).

3.2.1. Modelo de Datos

El modelado de la base de datos en Bizagi es muy similar a los otros motores de bases de datos que permiten hacer uso de la interfaz gráfica; es posible crear las tablas, definir las relaciones entre las tablas, establecer el tipo de datos de los campos a través de las opciones gráficas y sin necesidad de emplear líneas de código.

En la figura 3 se puede observar el modelado de las tablas para la creación de la base de datos, la misma que está constituida por 7 tablas: “EvaluacionEmpleados”,contiene la información sobre el proceso de Evaluación realizado; “Empleados” permite el registro de la información personal y laboral del trabajador; “Cargo”, contiene todos los posibles puestos de trabajo dentro de la empresa; “Área de Trabajo”, representa los departamentos existentes; “Evaluación” serán todas aquellas preguntas con la que constará el cuestionario; “Pregunta”, ítem individual equivalente a un literal dentro de la evaluación; e “InnerJoin” que es tabla que actúa como Vista relacionando a un empleado a un determinado grupo de preguntas.

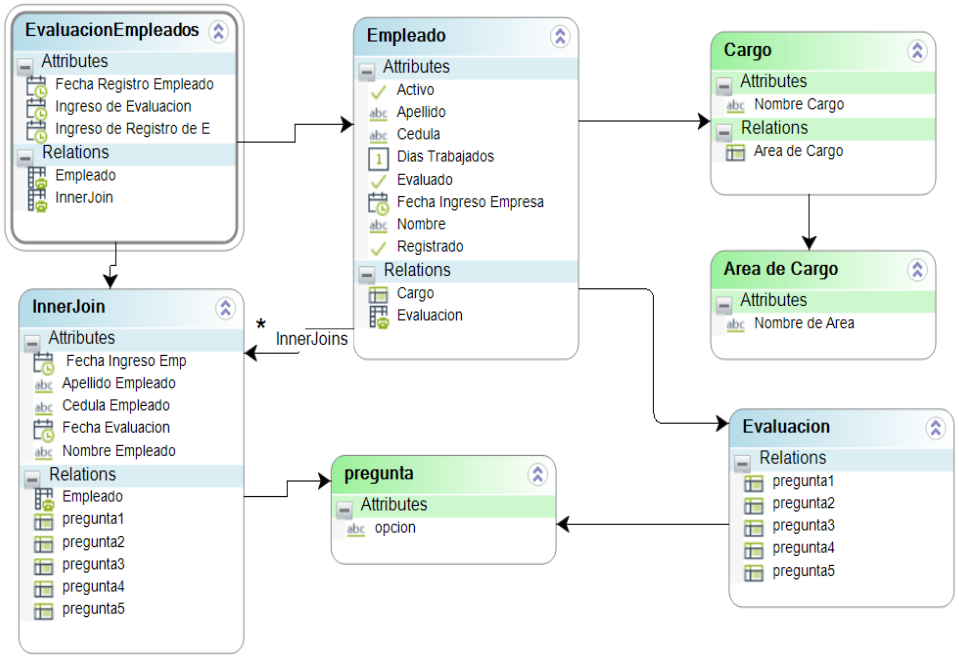


Figura 3 – Modelado de Base de Datos

3.2.2. Formularios

Estos son las interfaces gráficas que son diseñadas a través del diagrama de proceso a través de eventos. Estos eventos son los que dan la funcionalidad de las pantallas y hacen uso de las reglas de negocio que se definan en cada proceso. Para este caso cada una de las tareas se creó un formulario que cubra esa necesidad, es por ello que se disponen de interfaces destinadas al registro del personal, habilitación de empleados para la evaluación, autoevaluación y generación de informes de evaluación.

3.2.3. Reglas del negocio

Las reglas de negocio permiten establecer aquellas normas o lineamientos propios de cada proceso, de cierta manera norman y restringen el funcionamiento de las interfaces. Por ejemplo, las validaciones en las fechas de días laborables y no laborales en el cálculo de días trabajados de un empleado al momento de registrarlos para el proceso de autoevaluación.

3.3. Ejecutar

El modelo se introduce en el portal de trabajo (aplicación web) al acceder a él a través de un programa. Automation Server, a la luz del modelo de procedimiento desarrollado recientemente, analiza la correcta ejecución de las tareas y ejercicios asociados con el proceso de negocio; controlando y confirmando que cada uno de las tareas se realiza

en el momento correcto, por la persona correcta y de acuerdo con las reglas, objetivos y otras reglas de negocio establecidas por la compañía (Bizagi.org, s.f.).

El Portal de trabajo posterior tiene un elemento importante: cuando se ajusta un procedimiento (cualquier componente del modelo), se actualizará de forma automática y el cambio se mostrará de inmediato (Bizagi.org, s.f.).

En la figura 4 se muestra los formularios, interfaces que van a utilizarse para la automatización del proceso de evaluación. El proceso inicia con el registro de la información personal y laboral de los empleados por parte del encargado de talento humano, cuyo registro deberá realizarse por única vez, posterior a ello se habilita al grupo de empleados que van a realizar la evaluación, lo cual consiste en activar el campo ¨habilitado¨ en su ficha de registro, cabe mencionar que estos procesos pueden darse en paralelo, ya que se puede habilitar a un empleado mientras se está registrando los datos de otro, luego el trabajador deberá efectuar la evaluación, una vez concluida todas las evaluaciones, el responsable de talento humano genera el informe de resultados.

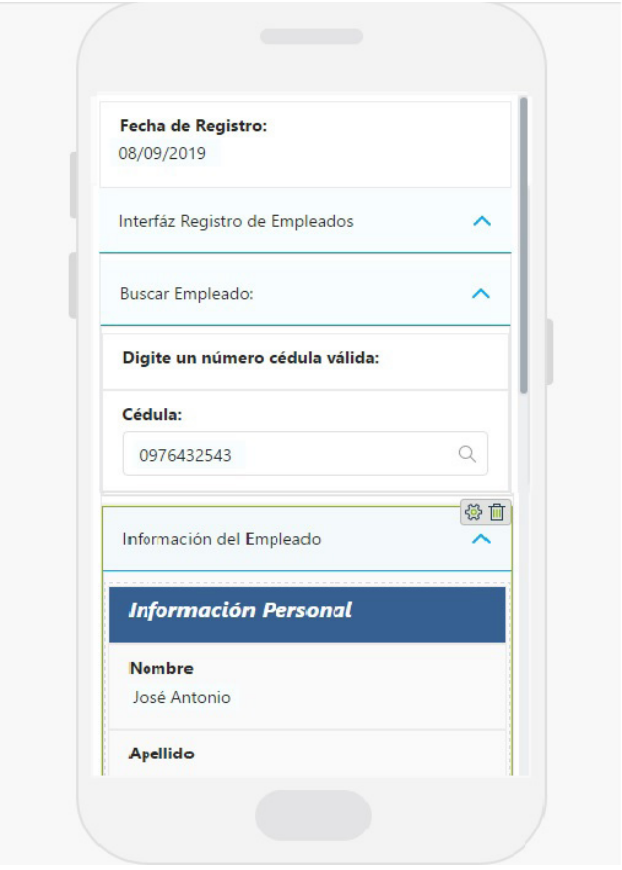


Figura 4 – Formulario de registro de personal.

4. Resultados

Una vez culminado el proceso de modelado, construcción de solución, definición de reglas de negocio y su ejecución en un ambiente contralado, fue posible la realización de pruebas locales con el fin de evaluar la operatividad del sistema a menor escala con un grupo pequeño de trabajadores con el fin de perfeccionar el software para que funcione adecuadamente en un ambiente real.

Se realizaron 3 pruebas que consistieron en el formulario de satisfacción laboral en 3 formas con preguntas diferentes en cada una. Estas fueron contestadas por una docena de trabajadores en un promedio de 10 minutos por tipo de formulario, con una duración total de 30 minutos en las 3 pruebas.

Cada cuestionario contó con 30 preguntas distribuidas en secciones para mejor legibilidad del trabajador, y fueron contestadas usando una Tablet proporcionada por la empresa. El procesamiento de las preguntas es automático e inmediato, por lo que la tabulación de las respuestas puede visualizarse en forma de reporte estadístico una vez que la ultima persona contesta el formulario.

El proceso de ejecución de evaluación de satisfacción laboral y obtención de resultados se redujo en un 99.95%, porque actualmente se emplea alrededor de 15 minutos para evaluar a todo el personal de la constructora, y obtener el reporte de resultado de las evaluaciones.

5. Conclusiones

La presencia de instrumentos innovadores de BPMS hace que sea más simple para las organizaciones modelar sus procesos y optimizar, ya que por su facilidad permite a los clientes inexpertos fabricar y controlar modelos de procesos, en este caso específico se utilizó Bizagi por que cuenta con una herramienta de modelado que integra (Bizagi Modeler) y otra de construcción (Bizagi Studio).

La representación de los procedimientos a través de gráficos les permite formalizarse y sistematizarse, fomentando su comprensión mundial. Al caracterizar con precisión la sucesión de actividades, se evitan equivocaciones y falsas interpretaciones, lo que hace que el resultado sea cada vez más predecible. Además, apoya en la adecuada organización de un conjunto de actividades.

Según la evaluación de las cualidades de los elementos, para la ejecución de una programación BPMS, se sugiere la utilización de Ultimus o Bizagi, ya que ambos satisfacen las necesidades requeridas, siendo la segunda opción elegida por las ventajas del lenguaje didáctico que ofrece.

Al proponer un esquema BPMN en el procedimiento de evaluación a los trabajadores con respecto a la satisfacción laboral, permitió mostrar la simplicidad del proceso usando herramientas tecnológicas fáciles de usar, en comparación con el método tradicional, lo que demuestra que BIZAGI es más que una herramienta para graficar flujo de procesos, puesto que permite determinar los procedimientos, miembros, actividades y diferentes entes identificadas con el negocio. En este sentido, al incorporar cada una de las áreas

relacionadas, hay un dimensionamiento y control más prominentes de la circunstancia a través de una verificación constante durante todo el procedimiento.

En este artículo se puede evidenciar que el estándar BPMN es un modelo esencial para que los procedimientos de una empresa puedan ser automatizados y potencializados, reduciendo los tiempos de ejecución en márgenes considerables.

Con la automatización del proceso de evaluación de los trabajadores, el recurso humano o de tiempo invertido se optimizan, al ya no requerir de validaciones en las respuestas de las hojas impresas llenadas manualmente, puesto que el sistema se encarga de este proceso. Debido a las características semejantes que pudieran tener los diferentes procesos de las empresas, el modelado descrito puede considerase con un nivel de replicabilidad alto y puede tomarse como referencia para mejorar los procesos y a su vez permitir la mejora continua.

Referencias

Bizagi.org. (s.f.). *Bizagi*. (Bizagi.org) Recuperado el 2019, de Bizagi: http://help.bizagi.com/bpm-suite/es/

Cadena Montezuna, F., & Oliva Chavez, L. (2011). Diseño y documentación de los procesos financieros centrales de negocios para la empresa ALIAR, S.A. (U. d. Sabana, Ed.) Bucaramanga. Obtenido de https://core.ac.uk/download/pdf/47065953.pdf

Camargo Cuervo, J., Suárez Mendoza, E., & Ballesteros Ricaurte, J. (31 de Mayo de 2013). Comparación entre Oracle BPM y JBPM en la optimización. *Revista Facultad de Ingeniería, 22*(N. 34), 85-96.

Canas C., M., Bedoya Rámirez, Á., & Urrego Agudelo, L. (2016). Modelo de requisitos para la renovación tecnológica de los sistemas de administración del mercado de energía en Colombia. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 15*(N. 28), 83-102. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-33242016000100006&script=sci_abstract&tlng=es

Congacha Aushay, A., & García, V. (2017). Modelación, simulación y automatización de procesos en la gestión de servicios académicos universitarios. *3C Tecnología, 6*(N. 2), 32-51.

Cruz , J., & Lévano, D. (2013). Nivel de madurez de los procesos de la gestión de servicios en base a BPM. *Apuntes Univesitarios, 1*(N. 1), 143-154.

Espinosa Cruz , Y., & López Paz, C. (2014). Procedimiento para desarrollar soluciones de Gestión de Procesos de Negocio con tecnologías de Oracle. *Ciencias de la Información, 43*(N. 3), 45-54.

García González, J., & Ampuero, M. (2015). Implementación del enfoque de reglas de negocio utilizando motores de reglas en el desarrollo de aplicaciones Java. *Ciencias de la Información, 46*(N. 1), 41-46. Obtenido de http://cinfo.idict.cu/index.php/cinfo/article/view/672

Gómez Cabrera, A., & Orozco Ovalle, A. (13 de Mayo de 2014). Simulación Digital como Herramienta para la Gestión del Conocimiento en la Construcción de Edificaciones en Concreto. (U. Javeriana, Ed.) *Revista INGE CUC, 10*(N. 1), 75-82. Recuperado el 21 de Febrero de 2019, de https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/view/346/pdf_5

Grijalva, A. M., Palacios, J. C., Patiño, C. E., & Tamayo, D. A. (2017). Los factores asociados a la satisfacción laboral en Ecuador en 2007 y 2015 utilizando la Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo. *Revista de Análisis Estadístico, 13*(N. 1).

Hammer, M., & Champy, J. (1994). *Reingeniería*. Colombia: Norma S.A.

Majmud Vargas, P., & Arienzo Soto, M. (2001). *studylib*. Recuperado el 28 de 02 de 2019, de https://studylib.es/doc/1335302/708-modelo-de-procesos-academicos-para-las-universidades-...

Marciszack, M., Perez Cota, M., & Groppo, M. (2015). Metodología y herramienta de soporte para validar modelos conceptuales a través de máquinas abstractas. *Ciencia y Tecnología, 15*(N. 1), 165-180. Obtenido de https://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2015/15/CyT_15_12.pdf

Martínez Busto, M., Núñez Pérez, L., Caballero Martínez, A., Montes de Oca, I., Boggiano Castillo, M., González González, L., & Hernández Hernández, P. (2012). Aplicación médica para trasplante renal usando reglas de negocio. *Revista Habanera de Ciencias Médicas, 11*(N. 1), 176-184.

Martínez Figueredo , S., & Infante Abreu, M. (2015). La modelación en el dominio de la Gestión de Procesos de Negocio. *CyTA, 14*(N. 1), 01-10.

Molina Rios , J., & Cinthia Noemi, C. (11 de Noviembre de 2015). *Repositorio Digital de la UTMACH*. Recuperado el 20 de Febrero de 2019, de http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/5124

Molina Rios , J., & Jose Miguel, H. (11 de 11 de 2015). *Modelamiento y simulación de la optimización del proceso de medidores eléctricos siguiendo la metodología BPM con BIZAGI*. Recuperado el 20 de Febrero de 2019, de http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/5127

Molina Ríos, J., Loja Mora, N., Zea Ordóñez, M., & Loaiza Sojos, E. (2017). Evaluación de los Frameworks en el Desarrollo de Aplicaciones Web con Python. *Latinoamericana de Ingeniería de Software, 4*(N. 201-207), 4.

Oxford Economics. (2014). *Oxford Economics*. Recuperado el 22 de Febrero de 2019, de https://www.oxfordeconomics.com/recent-releases/the-economic-impact-of-universities-in-2014-15

Red de coordinación metodológica de las asignaturas relacionadas con la gestión de procesos en las titulaciones de Ingeniería Informática. (2016). *Innovaciones metodológicas en docencia universitaria, 1*(N. 1), 2227-2240.

Santos López, F., & Santos De La Cruz, E. (2012). Aplicación práctica de bpm para la mejora del subproceso de picking en un centro de distribución logístico. *Revistas de investigación UNMSM, 15*(N. 2), 120-127.

Torres Ruiz, H., & Schmidt, J. (18 de Julio de 2016). Aplicación de la disciplina de Administración de Procesos de Negocio en la elaboración de una propuesta metodológica dirigida al Centro de Investigaciones en Computación (CIC) del Instituto Tecnológico de Costa Rica, para la prestación de servicios a orga. *Dialnet, 29*(N. 1), 35-48.

Torres-Ruiz, H., & Schmidt-Peralta, J. (2013). Aplicación de la disciplina de Administración de Procesos de Negocio en la elaboración de una propuesta metodológica dirigida al Centro de Investigaciones en Computación (CIC) del Instituto Tecnológico de Costa Rica, para la prestación de servicios a orga. *Revista Tecnología en Marcha, 1*(N. 1), 23-44. Obtenido de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11253/1/TUAIC_2017_IS_CD0034.pd

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 21/09/2019
Aceitação/Acceptance: 02/11/2019

Multiópticas docentes sobre las tecnologías de la información y comunicación en universidades del Ecuador

Paola Cortez[1], Luis Espinosa[1], Wilson Toro[1], Jimmy Ramírez[1]

pcortez@upse.edu.ec, liza@upse.edu.ec, wtoro@upse.edu.ec, jramirez@upse.edu.ec

[1] Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, 240350, Ecuador.

Pages: 54–64

Resumen: En la última década hubo varios cambios institucionales y regulatorios. Esta es una investigación en curso, cuya intención es generar un enfoque teórico emergente en torno a las multiópticas de los docentes sobre las tecnologías de la información y la comunicación. Se ubica en el paradigma cualitativo interpretativo dentro de la fenomenología trascendental con el apoyo de la hermenéutica. Para la recolección de la información, se realizó entrevista a tres representantes de la Universidad Central del Ecuador, la Universidad de Cuenca y la Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas. Los hallazgos encontrados a través de las categorías iniciales: uso de las TIC, condiciones de educación universitaria y criterios de la reunión virtual, permitió la sistematización de los significados y de las experiencias de los actores sociales. Algunas de las conclusiones destacadas abordan la posibilidad de fortalecimiento y desarrollo en la formación en tiempos de transformaciones mediados por TIC.

Palabras-clave: Tecnología de la información y la comunicación; Reunión virtual de formación; Educación universitaria.

Multiópticas teaching about information and communication technologies in universities of Ecuador

Abstract: In the last decade, there were several institutional and regulatory changes. This is an ongoing investigation, whose intention is to generate an emerging theoretical approach to teachers' multi-optics on information and communication technologies. It is located in the qualitative interpretive paradigm within transcendental phenomenology with the support of hermeneutics. To collect the information, three representatives of the Central University of Ecuador, the University of Cuenca and the Luis Vargas Torres de Esmeraldas Technical University were interviewed. The findings found through the initial categories: use of ICT, conditions of university education and criteria of the virtual meeting, allowed the systematization of the meanings and

experiences of social actors. Some of the highlighted conclusions address the possibility of strengthening and developing training in times of ICT-mediated transformations.

***Keywords**:* Information and communication technology; virtual training meeting; university education.

1. Introducción

La trayectoria en la mediación de experiencias formativas en entornos virtuales, son cada vez más prolíferos en términos de la preferencia globalizada de sus hechos, naturaleza y apropiación, dadas las ventajas y beneficios ante las realidades de espacio, tiempo y perspectivas de movilización, en tanto dominan la elegibilidad de sus escenarios, como modo alternativo en el nivel universitario, que es valorado desde el panorama del aprendizaje colaborativo y la singularidad de búsqueda de información reconocida por los estudiantes quienes, una vez introducidos en la era de la digitalización educativa, comprenden y se apegan al posicionamiento creativo de las nuevas realidades multiplicadoras del conocimiento.

En este sentido, argumentan (Velandria, Serrano y Martínez, 2017) la caracterización de la ventaja ubicua en el marco de los entornos virtuales de la educación universitaria, que fundamenta entre otras razones, el carácter investigativo, de calidad y mediación, para alcanzar los aprendizajes centrados en el estudiante, en cualquier momento y lugar, de manera permanente que se mantenga en correspondencia con la adaptabilidad, flexibilidad y situación de expectativas de impacto cognitivo, investigativo y colaborativo, frente a los retos y oportunidades considerados en los cursos interoperables.

De manera que, la apertura mediacional desde la Universidad, como ámbito de trascendencia formativa, creativa y aprovechable a través de los entornos virtuales en tiempos de transformaciones sociales, se activan hacia el interior motivacional representativo de la condición alternativa que ofrece el manejo efectivo de la Tecnología de la Información y Comunicación (TIC) en la educación, que en palabras de (Elmahdi, Al-Hattami y Fawzi, 2018) aventaja los aspectos inherentes a la evaluación formativa de los estudiantes, no sólo al final de los períodos o lapsos relativos a la presentación de cualquier contenido, sino en el transcurso y proceso de sus aprendizajes, lo cual añade valor a la situación pedagógica, pues se ahorra el tiempo de aprendizaje, garantiza la igualdad de oportunidades de participación y aligera los escenarios de animación, revisión y reimpulso de las estrategias planteadas en la presentación y desarrollo de los cursos.

En este orden de ideas, el presente artículo devenido como adelanto de una investigación en curso, de tipo cualitativa, fenomenológica trascendental con apoyo en la hermenéutica, cuya intencionalidad se propone para generar una aproximación teórica emergente en torno a las multiópticas docentes percibidas acerca de las tecnologías de la información y comunicación como fundamentos de encuentros colaborativos en el escenario virtual de mediación formativa en universidades del Ecuador.

2. Tecnologías de la informacion y comunicación (TIC): Flexibilidad Ubicua

La diversidad de experiencias que combina la creatividad del docente, los espacios organizacionales y la flexibilidad en el uso de las TIC, se presentan como combinaciones ideales en el entorno de la virtualidad formativa, a partir de lo cual los enfoques y escenarios soportados en la integración de los procesos y actividades innova-doras, focalizan eventos de trascendencia oportuna para acceder a mercados, instituciones y conectividad con el talento humano que aprovecha la movilización de recursos a través de la nube electrónica cuyos eventos otorgan interactividad, ubicuidad y celeridad en la capacidad de respuesta formativas como clave de competitividad, bondades económicas y complementariedad en los diversos niveles de análisis y visualización de los aprendizajes.

Situación que se respalda en los argumentos de (Vera, Labarcés y Chacón, 2011) al afirmar que la condición asociativa, temporal o permanente de individuos, grupos y empresas estratégicamente ubicados desde sus capacidades y recursos, facilitan los espacios y el tiempo en la transacción soportada por las TIC, como cadena de valor agregado en la reafirmación de las organizaciones en la virtualidad de sus operaciones en tanto, pueden existir con la colaboración e interconectividad con aliados externos, develando comunicación, que posibilitan las alianzas estratégicas, al alcanzar flexibilidad en la superación de las barreras de espacio y tiempo.

Esta misma flexibilidad fundamentada en los roles que cada usuario de las TIC le acredita en su desempeño y perfil formativo, es parte del interfaz en el trabajo y los diversos roles que le corresponden frente a los otros, que en el caso se vincula al hacer desde la formación universitaria, asociada con la combinación efectiva de desempeños integrales, tanto del mediador en la gestión de los cursos de los aprendizajes como de los mismos participantes.

Esta perspectiva, según (Piszczek, Pichler, Turel y Greenhaus, 2016) activa los roles en el desempeño y expande los límites del hacer de los usuarios, de acuerdo con los criterios que son importantes para los involucrados. Desde estos acontecimientos, opino que esta propagación de implicaciones de ambos roles conectados a través de las TIC en la formación, dan cabida para pensar en nuevas prácticas a experimentar, tanto en la administración de los cursos en línea como en el referente de actuaciones de los estudiantes.

He allí donde se resalta el entono formativo universitario en el marco de la flexibilidad ubicua centrada en los roles que han de manifestar los estudiantes, a fin de satisfacer sus necesidades, requerimientos de los cursos y el despliegue de las estrategias cognitivas que van de la mano con sus modos de vivencias compartidas y acatadas en línea con esta modalidad de aprendizajes. Cuestión que apunta, según (Putnam, Myers y Gailliard, 2013) a las iniciativas de flexibilidad que desarrolla la misma institucionalidad frente a tensiones, dilemas, autonomía, políticas y alternativas cambiantes que adoptan la cultura de la flexibilidad a través de la exploración de terceros espacios.

Al respecto, este tercer espacio digital conectado a la formación universitaria construido sobre la plataforma de los principios que proporcionan experiencias flexibles y

oportunidades para mejorar la auto eficiencia de los actores involucrados en el proceso formativo, es visto por (Moran, 2017) al experimentar el uso de herramientas TIC que ayudan a forjar la conexión humana en las redes de colaboración en línea.

Asimismo, la situación adquiere interés en la flexibilidad de las acciones humanas en sus implicaciones ubicuos que emergen en la atracción común de muchas personas que tienen estos diferentes dispositivos TIC, incorporados a sus actividades cotidianas. Tal como lo refieren (Scheepers y Middleton, 2013), estas actividades de los entornos informáticos con este atributo de tiempos y espacio, para posicionarse de las prácticas formativas en la funcionalidad productiva, de entretenimiento y comunicación en relación a las percepciones a la calidad de vida, desde cualquier contexto y en torno a múltiples dimensiones de experiencias útiles y de impacto positivo específico, según la situación que involucra a las TIC.

Dadas estas caracterizaciones en el ámbito resaltante de la flexibilidad ubicua, consideramos que ambos atributos se perfilan como importantes modos de asimilar la formación universitaria, en la integración y manejo de los dispositivos, los factores de cooperación humana y el cúmulo de información en red que puede designarse al comprender que la ubicuidad de Internet, domina los referentes globales del conocimiento, lo cual se muestran apetecibles para digerir y nutrir las ideas en nuevas rutas alternativas de conectividad interdisciplinaria y de acuerdo, con la preferencia de los actores involucrados en los procesos formativos, al fortalecer los ambientes de aprendizaje que abordan objetivos, significados y maneras de ensamblar la comunicación en el mundo globalizado.

3. Encuentros Educativos desde la virtualidad: Realidad Institucional

La apropiación de la educación en entornos virtuales, exige ciertos fundamentos relacionados con los recursos, el talento humano y las infraestructuras tecnológicas apropiadas de la institución que agregan valor a los procesos de formación dentro de sus características conceptuales interactivas, atrayentes hacia la disposición y disponibilidad de los actores involucrados en el acto pedagógico. Vale decir que, de acuerdo con (Arkorful y Abaidoo, 2014) la efectividad en el uso del e-learning en situaciones universitarias, con la utilización de las TIC, abre el foco intelectivo acerca del papel que juegan los actores y recursos en la adopción e implementación de los cursos tanto para los profesores, como para los estudiantes y la misma universidad, lo cual amplía algunas contrariedades encontradas en el significado común del término e-learning, en la creación de definiciones que redefinen sus alternativas como aprendizaje electrónico, curso en línea, formación virtual, herramientas de ampliación del conocimiento y la información, aprendizaje combinado, tecnológico, de colaboración, socialización, entre otros.

De manera que, (Hu-Au & Lee, 2017), apuestan por la educación en entornos virtuales como desafío de los cambios y las experiencias de los estudiantes de este siglo XXI, con habilidades y condiciones inherentes a la empatía, el pensamiento sistémico, la creatividad, alfabetización computacional, razonamiento abstracto, que muchas veces; son difíciles de enseñar en la realidad virtual como inversión de prácticas para el aprendizaje. Por lo tanto, estos componentes asimilables representan, eventos al reto

planteado para superar su adopción y manejo eficiente en los ambientes de aprendizajes virtuales, donde la fortaleza de los avances tecnológicos instrumentales como "tabletas, Chromebooks, sistemas de respuestas de los estudiantes, teléfonos inteligentes; han progresado en el mantenimiento de la educación" (p. 216), los cuales se valoran como implicaciones sensibles en sus posibilidades de ofrecer esquemas de movimientos estratégicos en las manifestaciones de los participantes, realimentación de procesos en tiempo real y condiciones disruptivas de respuestas en las experiencias atractivas envolventes, que suman valor a los procesos de formación, educación, comunicación, información y construcción del conocimiento.

Todos estos eventos complementan el hacer y sentir formativo en la Universidad como respuestas a las necesidades educativas alternativas del siglo XXI que en palabras de (Chaves, 2017), se manifiestan en los aspectos que tienen que ver con el área de la información y la comunicación referida en la sociedad del conocimiento como escenario de formación vitalicio que se erige en la particularidad de acceso no presencial, con características particulares que experimentan dificultades en la adaptación, la competencia necesaria para la lectura crítica e interpretación de la realidad socio-institucional, en cuanto a las habilidades del pensamiento que ésta exige, y el imaginario cultural y organizacional que bosqueja la garantía de la cualificación de los procesos.

Situación que comparto como docente universitaria e investigadora, dado el reconocimiento social en el rompimiento de paradigmas, el aprovechamiento de oportunidades y la adaptabilidad que exige la promoción en el uso inteligible de las herramientas TIC, apegada a la cobertura de los equipos y capacidades de calidad y pertinencia desde los encuentros educativos enfocados en la virtualidad de los aprendizajes. Por tanto, estos escenarios, eventos y significatividades, proyectan en el sentir y hacer en el avance de los encuentros virtuales educativos en la planeación hacia el futuro. Tal como lo dejan ver Muñoz, (Redecker Vuorikari y Punie, 2014), en cuanto a la previsión del Estado para abrir los espacios educativos en estos senderos comprensibles, donde se deben superar los desafíos de su orientación, seguimiento y certificación

3.1. Educación Universitaria Virtual en el Ecuador: Adelantos y Tendencias

En el contexto de la investigación en curso, la oferta y demanda académica de los encuentros educativos desde la virtualidad a considerar en la realidad institucional prevaleciente en la República de Ecuador, ha tenido poco impacto y atractivo, desde el apoyo del Estado a través de las políticas públicas y los mecanismos dispersos que hasta ahora vienen implementando las universidades para esta alternativa de formación en el escenario virtual. Sin embargo; la Universidad Central del Ecuador, en noticia aparecida en el Diario El Comercio (2018), desarrolla esta modalidad con la combinación de tutorías presenciales, según la necesidad del participante, notándose por otra parte, que sólo el trece por ciento (13%) de las universidades contaba con esta alternativa educativa virtual.

Igualmente, la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT, 2018), en el entendido del proceso de democratización, acceso y pertinencia social de la educación universitaria, articula esta misma tendencia conjunta con las universidades: Central del Ecuador; Técnica del Norte; Estatal de

Milagro; Técnica de Manabí y la Escuela Superior Politécnica del Ejército, en diversas áreas del conocimiento que se engrana a la situación cuidadosa de la calidad en la formación del talento humano.

Así, el afianzamiento mencionado por (Van Hoof, Estrella, Eljuri y Torres, 2013), depende del Estado, que, en el caso de las universidades públicas en Ecuador, ha de concretar de manera adecuada los presupuestos, para el desarrollo de la innovación curricular, la plataforma tecnológica requerida en estos escenarios administrativos y la congruencia con las oportunidades ofrecidas en la admisión a los estudiantes. A ello se agrega la problemática que deriva el hecho que la mayoría del profesorado en este país, no es de tiempo completo, además que el referente de preparación de alto nivel en las titulaciones de Maestría y Doctorados, son escasos.

En suma, las expectativas de encuentros con la educación en los escenarios de virtualidad en el Ecuador, se han de reforzar desde la responsabilidad del Estado y en el marco de activar todo un sistema de mejoras que apunten a la calidad y sentido ampliado de la sociedad del conocimiento, productividad y competitividad con el énfasis de dar utilidad a las TIC, en correspondencia con la apropiación de los equipos, plataforma tecnológica e infraestructura como aspecto dual entendido de recursos y talentos.

Por tanto, como garante de estas nuevas realidades, es el Estado el marco que apunta, en términos de las oportunidades que se significan en la educación a distancia, a reconocer y apoyar sus dinámicas y funcionalidades en el carácter de la complejidad de los elementos asociados al manejo de las TIC, a fin de ofrecer las oportunidades en el acceso universitario en la formación de los estudiantes, alineados a las necesidades de transformación, modernización e innovación de os encuentros virtuales, congruentes con lo delineado en las políticas públicas del sector.

Así lo complementan (Lupión y Rama, 2018), bajo el lente multirreferencial y de liderazgos de la educación a distancia, frente a la "ausencia de un sistema integral de garantía de calidad centrado en el aprendizaje" (p. 5), y ante la popularidad de esta modalidad, tanto por parte de los profesores como de los estudiantes, se activa el reforzamiento en las nuevas ofertas universitarias multimodales en educación a distancia, con la opción de cursos cien por ciento (100%) en línea, que rompen la tradicionalidad formativa así como una ruptura con la rigidez tradicional y experiencias certificadas.

Cuestión que se avala en los resultados obtenidos en los estudios de (Padilla, Cadena, Enríquez, Córdova y Llorens, 2018), al reflejar la necesidad de un plan de contingencia que garantice la prestación de los servicios de TIC de modo que "las instituciones cuenten con un plan de continuidad de las operaciones" (p. 73). Ello traslada-do a la prioridad de apoyo, seguimiento y monitoreo de las dinámicas asociadas al encuentro real universitario en entornos formativos virtuales.

3.2. Interpretación y argumentación integral de las revelaciones del actor social A.

La situación holística que reflejan las develaciones en los trozos discursivos del actor social A, da a entender su percepción acerca de la realidad del fenómeno de estudio. Así, lo mencionado en la categoría iniciadora: criterios del encuentro virtual, a través del significado otorgado en la subcategoría: adaptabilidad a las funciones universitarias,

describen a las TIC como herramientas de fácil manejo y acceso, cuyo potencial ofrece ventajas para el encuentro virtual educativo universitario, no sólo en la identificación de estrategias propias de los cursos planificados, sino además en la proyección comunicativa, colaborativa y de innovación en las formas de hacer y manejar las responsabilidades, tareas y desempeños del docente en las funciones universitarias.

De esta manera, los argumentos de (Ghavifekr y Rosdy, 2015), apoyan al docente universitario ante los requisitos globales de sus movimientos funcionales con la base tecnológica en la integración de las TIC, como factores de éxito y efectividad en la cotidianidad de los desempeños productivos en ambientes de innovación, calidad y adopción tecnológica, en pasos eficientes y continuos de la comunicación, la conjunción de instrucciones y modalidades de desempeño en la era digital.

Asimismo, la categoría iniciadora: condiciones de formación universitaria, fue develada por el actor social A, a través de la subcategoría: capacitación del docente, lo cual da a entender que uno de los requisitos y componentes de los encuentros virtuales educativos, se fundamentan en el conocimiento, las experiencias y las sensibilidades del docente para estar preparado en el desenvolvimiento de los cursos con el uso de las TIC. Al respecto señalan (Castaño, Kalz, Kreijns y Punie, 2018) las experiencias de desarrollo profesional de los docentes en el uso de las TIC para la enseñanza y el aprendizaje mediante la asistencia a cursos masivos abiertos en línea, que en sus siglas en inglés se designan como Massive Open Online Course (MOOC), los cuales conforman un aval representativo de estas iniciativas de especificaciones para asimilar las necesidades cognitivas en la administración de esta modalidad educativa.

De igual manera, las develaciones del actor social respecto a la categoría iniciadora: uso de las TIC, en cuanto al significado otorgado en la subcategoría: retos para incorporarla en la formación profesional, describe cómo la entrada y mantenimiento a la formación en entornos virtuales con el uso de las TIC, se despliega al asumir el reto globalizador del conocimiento. Tal como afirma (Chinnammai, 2005), ello deja ver la cultura tecnológica que se afianza por la internalización de la educación universitaria y los cambios en el mercado laboral, prioridades de la comunidad, negocios y gobierno, que denotan prioridades tecnológicas a través de las políticas públicas.

3.3. Interpretación y argumentación integral de las revelaciones del actor social B.

Las develaciones del actor social B, se precisaron en la categoría iniciadora: condiciones de formación universitaria, desde el significado otorgado en la subcategoría: conocimientos tecnológicos y experiencias, como referencia de interés para el uso de las TIC en el diseño y ejecución de los cursos en línea. Por ello, indica (Lister, 2014) que estas implicaciones administradas por el docente son prioritarias al saber elegir los componentes de los cursos en línea que ayuden a mejorar el aprendizaje y permitir que los estudiantes se involucren con el contenido. Cuestión a la que agrego los aspectos de la interactividad de los cursos, el saber presentar los contenidos y el sentido de interactividad que realimenta los aprendizajes desde la permanente comunicación.

De forma similar, el actor social B, se pronunció en la categoría: criterios del encuentro virtual, pues develó el significado concedido en la subcategoría: materiales, equipo e infraestructura, al entender la integración de estos elementos para asumir la formación en los encuentros formativos virtuales. Tal como complementan (Sangrà y González, 2016), alcanzar la calidad de los aprendizajes en línea, no solamente se fundamenta en la modernización de las herramientas tecnológicas, sino en el cambio de los modelos, roles del docente y la superación de los problemas relacionados con la organización del aula virtual, los mecanismos de interacción y en mi modo de ver la situación, se ha de contar con la plataforma tecnológica institucional pertinente.

Además, el actor social B, manifestó en la categoría iniciadora: uso de las TIC, la descripción de su significado en la subcategoría: aprendizaje colaborativo, al manifestar los espacios de comunicación y colaboración en red. Situación que da cabida al argumento de (Flores y Bravo, 2012) en el beneficio que ofrecen las TIC para la interacción educativa en la formación universitaria, apropiación que comparto como docente e investigadora por los mecanismos y espacios ideales concedidos desde la orientación entre iguales y el apoyo que permite el dinamismo entre los actores del hecho pedagógico en la virtualidad.

3.4. Interpretaciones y argumentación integral de las revelaciones del actor social C.

En la categoría iniciadora: uso de las TIC, su manifestación significativa se valoró en la subcategoría: formación pertinente ajustada a los mercados globales, para dar cuenta, no sólo a la masificación educativa; sino a la confluencia cualitativa y competitiva que exigen los mercados de los profesionales universitarios respecto al manejo tecnológico.

Al respecto, argumentan (Mariscal, Gutiérrez y Junqueira, 2009), que a medida que las TIC son parte de la cotidianidad en los diversos sectores sociales, económicos, culturales y educacionales, ello ayuda a maximizar las oportunidades para que los grupos formados puedan unirse a los procesos productivos, lo que da cabida para entender que la formación con el uso de las TIC como estrategia, permite la integración de esta fuerza de profesionales que emergen de la universidad hacia la economía basada en el conocimiento.

Igualmente, el actor social C, presentó el trozo discursivo correspondiente a la categoría: condiciones de formación universitaria, a través de la subcategoría: limitaciones de conocimiento y aplicabilidad, lo cual se vincula al manejo educativo de las TIC, cuyas exigencias deben ser superadas por los facilitadores de los cursos para su efectividad aplicable, pues según (Mikre, 2011) esta debilidad puede minimizar la interactividad eficiente del profesor en su papel de mediación, apoyo, asesoramiento y entrenamiento a los estudiantes; en lugar de asumir el rol de transmisor de la in-formación, pues han de adoptar innovaciones y compromiso en el contexto de la tecnología existente.

En el mismo entono de ideas, el actor social C, develó el significado otorgado a la categoría iniciadora: criterios del encuentro virtual, en la subcategoría: planificación e inversión universitaria, para dar cuenta de las decisiones institucionales, al asumir encuentros virtuales en la formación del talento humano, lo cual implica adaptar la estructura educativa de innovación tecnológica. Por ello, los señalamientos de (Camacho, 2007), se asocian con esta realidad frente a la cual la adaptación a los cambios en los nuevos

enfoques metodológicos, han de ser parte del soporte de las universidades que ofrecen programas de capacitación y formación TIC, para satisfacer esta necesidad del talento humano, al ir equipado esta área tecnológica. Escenario que encuentro ideal para poder desarrollar y potenciar la efectividad de los cursos en los encuentros virtuales de la educación.

4. Conclusiones

Las TIC como encuentro virtual educativo universitario en Ecuador, exige resaltar sus bondades dado su campo comprensible de las nuevas realidades educacionales ajustadas a la dinámica global de oportunidades formativas para adentrarse a la dinámica educativa del mundo globalizado de la información y el conocimiento. Para ello, se ha de atender a través de las políticas públicas, ciertos requerimientos inteligibles a fin de poder desarrollar con eficiencia y pertinencia, estas nuevas condiciones de flexibilidad ubicua ofrecidas a la masa estudiantil, hacia la integración de procesos innovadores y alternativos enfocados en escenarios virtuales, que además dominan la plataforma del hacer desde sus actividades en la trascendencia sensible a las necesidades del mercado, lo que quiere decir que es un aval representativo en los nuevos profesionales que añade valor para la movilización y capacidad de respuestas competitivas en cada uno de los estratos sociales, económicos, tecnológicos y culturales, desde la combinación de habilidades y mejores prácticas, en línea con los requerimientos de las organizaciones.

Asimismo, este rompimiento de paradigma en la formación de los profesionales, dada las adaptaciones de estructura universitaria, equipos tecnológicos e infraestructura, además de las capacidades de los facilitadores de los respectivos cursos, con-forman la trilogía de éxito para alcanzar los objetivos planteados por el Estado en materia de formación universitaria orientada hacia el futuro, en cuanto a los adelantos y tendencias que así demanda la academia en los encuentros educativos desde la virtualidad en el Ecuador, cuestión que ya se ha venido conformando en algunas universidades del país, que marcan la pauta en este tipo de desarrollo y formación del talento humano en tiempos de transformaciones sociales, al ir rompiendo la rigidez y tradicionalidad de vivencias y experiencias formativas involucradas en la sociedad conocimiento.

Referencias

Arkorful, V & Abaidoo, N. (2014). The role of e-learning, the advantages and disadvantages of its adoption in higher education. International Journal of Education and Research. 2 (12), 397-410. e-ISSN: 2201-6740.

Camacho, M. (2007). Theacher training in ict-based learning settings desing and implementation of an on-line instructional model for English language teachers. Tesis doctoral no publicada. Universitat Rovira i Virgili, España

Chaves, A. (2017). La educación a distancia como respuesta a las necesidades educativas del siglo XXI. Revista Academia y Virtualidad. 10 (1), 23-41. http://dx.doi.org/10.18359/ravi.2241

Arkorful, V & Abaidoo, N. (2014). The role of e-learning, the advantages and disadvantages of its adoption in higher education. International Journal of Education and Research. 2 (12), 397-410. e-ISSN: 2201-6740.

Camacho, M. (2007). Theacher training in ict-based learning settings desing and implementation of an on-line instructional model for English language teachers. Tesis doctoral no publicada. Universitat Rovira i Virgili, España.

Chaves, A. (2017). La educación a distancia como respuesta a las necesidades educativas del siglo XXI. Revista Academia y Virtualidad. 10 (1), 23-41. http://dx.doi.org/10.18359/ravi.2241

Cruz del Castillo, C., Olivares, S y González, M. (2014). Metodología de la investigación. México: Patria.

Diario El Comercio. (2018). Cinco universidades del Ecuador abren 10 carreras virtuales. Disponible: https://www.elcomercio.com/actualidad/universidades-ecuador-carreras-virtuales-educacionsuperior.html.

Elmahdi, I., Al-Hattami, A & Fawzi, H. (2018). Using technology for formative assessment to improve students' learning. Turkish Online Journal of Educational Technology. TOJET. 17 (2), 182-188.

Flores, O & Bravo, I. (2012). The Impact of ICTs on Lecturer and Student Interaction in University Education Processes. Universities and Knowledge Society Journal (RUSC). 9 (2), 213-228.http://dx.doi.org/10.7238/rusc.v9i2.1243.

Ghavifekr, S & Rosdy, W. (2015). Teaching and learning with technology: effectiveness of ict integration in schools. IJRES. International Journal of Research in Education and Science. I (2), 175-191. ISSN: 2148-9955

Hu-Au, E & Lee, J. (2017). Virtual reality in education: a tool for learning in the experience age. International Journal Innovation in Education. 4 (4), 215-226.

Lupión, P y Rama, C. (2018). Distance education leaders in Latin America and the Caribbean. Journal of Learning for Development. JL4D. 5 (1), 5-12. ISSN: 2311-1550.

Mariscal, J., Gutiérrez, L y Junqueira, A. (2009). Employment and Youth Inclusion into the Labor Force via Training in Information and Communication Technologies (ICTs): The Cases of Brazil, Colombia, and Mexico. Journal of Information Technologies and International Development. 5 (2), 19-30.

Mikre, F. (2011). The Roles of Information Communication Technologies in Education. Review Article with Emphasis to the Computer and Internet. Ethiopian Journal of Education and Sciences. 6 (2). 109-126.

Moran, C. (2017). Learners Without Borders: Connected Learning in a Digital Third Space. CITE Journals. Contemporary issues in technology and teacher education. 18 (2). https://www.citejournal.org/volume-18/issue-2-18/english-language-arts/learners-without-borders-connected-learning-in-a-digital-third-space

Castaño, J., Kalz, M., Kreijns, K & Punie, Y. (2018). Who is taking MOOCs for teachers' professional development on the use of ICT? A cross-sectional study from Spain. Journal Technology, Pedagogy and Education. 27 (5), 607-624. https://doi.org/10.1080/1475939X.2018.1528997.

Chinnammai, S. (2005). Effects of globalisation on education and culture. ICDE. International Conference. November 19-23, 2005. New Delhi. https://pdfs.semanticscholar.org/d08e/7f2bd7cfec087a99eec6336096dd4c6aa1ce.pdf

Lister, M. (2014). Design of e-learning and online courses: a literature analysis. MERL OT Journal of Line Learning and Teaching. 10 (4), 671-680.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 13/10/2019
Aceitação/Acceptance: 17/12/2019

Implementación del módulo Pineapple Tetra para un proceso de auditorías mediante suplantación de APS en la banda 2,4 y 5 GHz

Luis Amaya[1], Washington Reyes[1], Alexis Rocha[1], Alfredo Tumbaco[1], Washington Torres[1], Luis Chuquimarca[1], Monica Jaramillo[1]

luis-amayafa@outlook.com, washington_5_@hotmail.com, alefroch22@hotmail.com, alfredo_tumbaco14@hotmail.com, wtorresguin@gmail.com, lchuquimarca@upse.ec, monyjinfante@gmail.com

[1] Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones, Universidad Estatal Peninsula de Santa Elena, 240204, La Libertad, Ecuador

Pages: 65–77

Resumen: La finalidad es analizar las redes inalámbricas 2,4 y 5 GHz bajo un proceso de auditorías y restricción del espectro electromagnético para optimizar la configuración de APs, esto permitirá identificar problemas como potencias excesivas, niveles de interferencias en el lugar y los peligros que pueden surgir al utilizar una red pública, detallando el origen del problema, para determinar de qué manera se obtendrán los resultados, con el fin recopilar información que aporten al desarrollo del studio. Se describe el desarrollo analizando varios parámetros como equipos a usar, análisis de la cobertura en las bandas de frecuencias 2.4 y 5 GHz, también se realizó un análisis de penetración enlas redes inalámbrica mediante técnica de suplantación de identidad (phishing) para realizar algunos ataques de intermediario, se analizó la factibilidad técnica y económica para verificar que la propuesta tecnológica es viable y que puede ejecutarse.

Palabras claves: IEEE 802.16, comunicación inalámbrica, Antenas Ubiquiti, airMAX.

Implementation of the Pineaplle Tetra module for an audit process through impersonation of APS in the 2.4 and 5 GHz band in the telecommunications laboratory of the electronics and telecommunications career.

Abstract: The purpose is to analyze 2.4 and 5 GHz wireless networks under a process of auditing and restriction of the electromagnetic spectrum to optimize the configuration of APs, this will identify problems such as excessive powers, levels of interference in the place and the dangers that may arise When using a public network, detailing the origin of the problem, to determine how the results will be obtained, in order to gather information that contributes to the development of the study. The development is described by analyzing several parameters such as equipment to be used, coverage analysis in the 2.4 and 5 GHz frequency bands, a

penetration analysis in the wireless networks was also performed using phishing techniques to perform some attacks As an intermediary, the technical and economic feasibility was analyzed to verify that the technological proposal is viable and that it can be executed.

Keywords: IEEE 802.16, wireless communication, Ubiquiti antennas, airMAX.

1. Introducción

Las Actualmente, las redes inalámbricas que operan en las frecuencias 2.4 GHz y 5 GHz facilitan el acceso a las comunicaciones sin necesidad de estar conectado a un medio físico como un cable, estas redes son de gran ayuda para los usuarios que permanecen en constante movimiento, ya que de esta manera obtienen el acceso a datos, para estar interconectados con el mundo tecnológico. Las redes ofrecen muchos beneficios a los usuarios que buscan acceso a datos, pero el acceso también beneficia a personas con malas intenciones que buscan el tráfico de información generada en la red para conseguir credenciales de cuentas personales. Por este motivo, el estudio tiene como objetivo principal analizar las redes inalámbricas 2,4 GHz y 5 GHz bajo un proceso de auditorías y restricción del espectro electromagnético para optimizar la configuración de APs. Por medio de la propuesta tecnológica se podrá determinar varios parámetros de funcionamiento en los puntos de acceso, los mismos que permitirán optimizar los resultados.

2. Metodología

En el desarrollo del presente proyecto se uso el método diagnóstico para analizar las características de los distintos equipos utilizados y de esta manera escoger los dispositivos que cumplan con los requerimientos necesarios; el método experimental para realizar pruebas ajustando las debidas configuraciones para verificar el correcto funcionamiento al momento de establecer las conexiones y de lo contrario corregir los problemas que puedan surgir durante la ejecución del proyecto; y para finalizar el método documental para recopilar información acerca de hacking ético y las distintas vulnerabilidades que surgen en las redes.

El proceso de las radiaciones no ionizantes mediante el cual se emite energía en forma de onda que se transporta a la velocidad de la luz, este tipo de radiación no es capaz de ionizar la materia, ya que no contienen la energía suficiente para arrancar átomos de los tejidos vivos, por esta razón se las conoce como radiación no ionizante (Ramírez, 2019).

Para los modelos matemáticos de propagación en interiores se procede a emitir energía en forma de onda que se transporta a la velocidad de la luz, este tipo de radiación no es capaz de ionizar la materia, ya que no contienen la energía suficiente para arrancar átomos de los tejidos vivos, por esta razón se las conoce como radiación no ionizante (Caizaguano & Magdalena, 2019).

Las condiciones de seguridad en las redes inalámbricas son menores que en las redes Ethernet, debido que esta transmite entre dos puntos interconectados por un cable, a diferencia de la red inalámbrica que transmite ondas de radio en modo omnidireccional, las consecuencias para la seguridad disminuyen debido a que diferentes usuarios dentro del rango de cobertura pueden estar monitoreando la red (García, 2017).

3. Componentes del proyecto

3.1. Componentes físicos

Para cumplir con los objetivos del proyecto se adquirirán equipos para el acceso de usuarios a la red de datos, implementar el uso de cableado estructurado y el análisis de vulnerabilidades que pueda sufrir la red inalámbrica.

Punto de acceso: Es un dispositivo que funciona como puente entre equipos inalámbricos y la estación, enviando y recibiendo paquetes de datos de forma inalámbrica a una red cableada y viceversa. Mediante comparaciones de diferentes puntos de acceso se concluye que el punto de acceso UNIFI AC LITE es el equipo que se necesita para el proyecto, en relación precio-rendimiento, ya que incluye ciertas características importantes en su servidor virtual.

Tarjeta de red: Es un dispositivo que se conecta a una computadora para tener acceso a datos a través de ondas de radio. Como el objetivo del proyecto es el análisis de las redes inalámbricas en doble banda se necesitará una tarjeta de red, adaptador de red LAN o interfaz de red física, para acceder por medio de las ondas que irradia el equipo.

Switches HPE OfficeConnect serie 1920: Es un enrutador estático que permite alcanzar velocidades de transmisión de datos de un gigabyte por segundo. Permite manipular un servidor virtual y administrar cada uno de los puertos del switch.

Pineapple Tetra: Es un dispositivo que sirve para realizar auditorías o pruebas de penetración a redes inalámbricas, con el objetivo de analizar las comunicaciones y capturar el tráfico que realizan los usuarios, de esta manera recopila información.

3.2. Componentes lógicos

Se utilizaran algunos programas para verificar y analizar varios parámetros necesarios en la ejecución del proyecto.

Rendimiento de una WLAN: El análisis de la cobertura bajo un ambiente real donde existan obstáculos e interferencias permitirá determinar parámetros para optimizar el espectro radio eléctrico que es emitido por el AP, este estudio ayudará a mejorar el rendimiento de la red, el cual está orientado a la evaluación de los requerimientos de velocidad que necesitan las aplicaciones más utilizadas dentro del laboratorio de telecomunicaciones, razón por la cual es importante estar en la zona de cobertura de la red.

Interferencias: Las interferencias en las redes inalámbricas no solo son producidas por los diferentes obstáculos que se evidencia de forma física entre el emisor y receptor, sino también son causados por equipos electrónicos operando a la misma frecuencia, es por esto que se analizará el espectro radio eléctrico en doble banda con el software INSSIDER.

Todos estos datos recogidos del análisis de Inssider nos permitirán optimizar la configuración o parámetros del punto de acceso.

Módulos de la PINEAPPLE: Para realizar pruebas de penetración a las redes inalámbricas, el dispositivo Wifi PIANEAPPLE contiene varios módulos incluidos, pero para tener un mejor rendimiento se recomienda actualizarlos (Mayorga, Solarte & Donado, 2018).

4. Área de estudio del espectro

El estudio del espectro radio eléctrico en doble banda, utilizando el controlador UNIFI permite realizar un estudio de cobertura y determinar la mejor ubicación dentro de las edificaciones, mediante una gráfica de calor podemos verificar los niveles de potencia a una determinada distancia, para obtener un resultado más exacto utilizaremos un plano editado en el controlador.

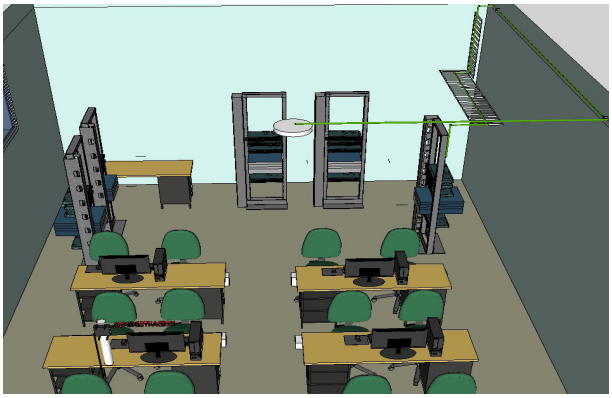


Figura 1 – Esquema de conexión punto de acceso legítimo

El análisis del mapa de cobertura a una frecuencia de 2.4 GHz mediante la auditoría a una red inalámbrica, para tener mayor seguridad, la cobertura no debe exceder del área requerida a fin de evitar posibles infiltrados a la red que puedan causar daños a la entidad y a sus usuarios por robo de información (Pazmiño, 2011).



Figura 2 – Cobertura máxima sin atenuaciones a 2.4 GHz

Para determinar el máximo alcance de la señal del AP, se analiza el gráfico espectral sin atenuaciones u obstrucciones, para este objetivo se procede a ingresar un mapa o plano seleccionando una opción de controlador UNIFI llamado (pestaña discontinuado). Una vez ingresado el mapa se escoge el dispositivo y en la pestaña capas activamos la opción cobertura en 2.4 GHz.

Como se puede observar en la gráfica, el patrón de radiación es isotrópico, ya que poseen los niveles de potencia sin ninguna atenuación, eso se daría en zonas ideales, es decir, en lugares donde no exista ninguna interferencia, ya sea de equipos electrónicos u obstrucciones por materiales.

4.1. Análisis del Mapa de cobertura a una frecuencia de 5 GHz.

Para realizar el análisis del espectro radio eléctrico en la frecuencia de 5GHz se sigue la misma secuencia realizada en la frecuencia de 2.4 GHz.

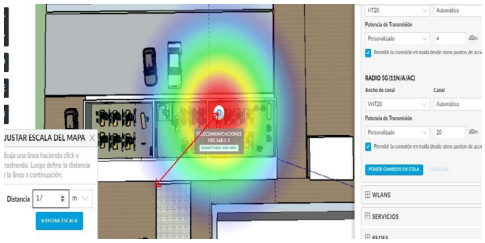


Figura 3 – Cobertura máxima sin atenuaciones a 5 GHz

Por lo que se obtiene que a mayor frecuencia menor es la longitud de onda y menor es la distancia que la señal propaga en el medio, se puede visualizar la intensidad de potencia por medio de las secciones de colores que están representadas, a diferencia de la frecuencia 2.4 GHz, el AP trabajando a una frecuencia de 5 GHz irradiando la máxima potencia puede cubrir una distancia de 17 metros, realizando la simulación sin ningún tipo de pérdidas causadas por paredes (Arnaiz, 2015).

4.2. Identificación mejor ubicación del AP (punto de acceso).

Realizando los análisis en las diferentes ubicaciones, la mejor opción para instalar el punto de acceso en el laboratorio de telecomunicaciones es en la parte central, ya que brindaría al estudiante una mejor señal de recepción a todos los dispositivos que existan en el lugar.

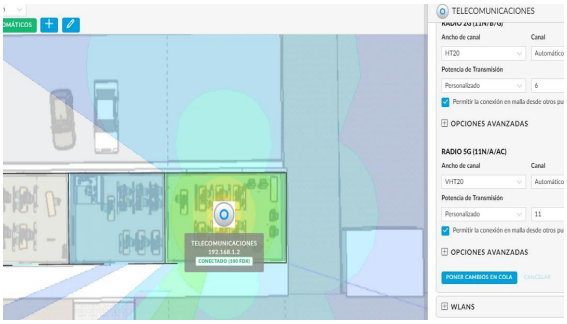


Figura 4 – Mapa de cobertura tercera ubicación

Para realizar este análisis se ubicó el punto de acceso en la parte central dentro del laboratorio conectando un dispositivo a 3 metros para proceder al análisis de la cobertura.

En la gráfica de simulación se logra visualizar que el laboratorio de telecomunicaciones está cubierto perfectamente por el color verde que representa un nivel de señal bueno, a diferencia de las otras ubicaciones, aquí se demuestra que los usuarios pueden acceder desde cualquier lugar dentro del área.

4.3. Instalación y configuración de los equipos

El punto de acceso escogido deberá instalarse en el tumbado, debido a que irradia en un ángulo de propagación de 360 grados. Además, el tendido del cable se realizará por encima del tumbado y para proteger la integridad física del cable pasará por tubos PVC de 1/2 pulgada, en cada curvatura que pueda haber hasta llegar a las escalerillas de cableado, se colocarán codos para que el radio de curvatura del cable no distorsione los datos. Este tubo permitirá pasar hasta 3 cables de datos para futuras instalaciones.

Los equipos para conxión del AP estarán colocados en el rack número 4 por lo que el cable categoría 6E deberá bajar por la escalerilla de cableado para interconectar el punto de acceso al switch, la distancia total que habrá entre estos puntos es de 9.55 m, lo cual es d gran importancia en la norma de cableado estructurado establece que la distania entre terminales y equipos no deberá exceder el rango de 10 m.

Para certificar que el cable está correctamente ponchado se conectan los extremos al testeador para que por medio de los LED indicadores, se constate que encienden y que hay continuidad en los pares, también identificamos el correcto ponchado de la chaqueta del cable categoría 6E identificando que este sujeto al conector RJ45.

El Acceso a internet en el laboratorio de telecomunicaciones se conecta mediante Ethernet con cable UTP categoría 6 desde un puerto del switch ubicado en el laboratorio de electrónica y automatización llegando hasta el switch repartidor del área de estudio. El administrador o proveedor de internet es el departamento de TIC de la Universidad Estatal Península de Santa Elena encargado de dar acceso a la red de datos a cada facultad de la entidad educativa. La red consta de dos dispositivos principales para brindar acceso a internet, el repartidor o switch HPE 1920, y un punto de acceso UNIFI-AP-AC-LITE.

La Configuración de la red del AP en el punto de acceso tendrá un SSID llamado TELECOMUNICACIONES, la red de área local (LAN) del punto de acceso es configurada con la dirección IP de la puerta de enlace (gateway) y la máscara de subred 192.168.1.1/24, teniendo un rango de direcciones de 248 para asignaciones de dispositivos. Cabe recalcar que son las configuraciones predeterminadas que fueron asignadas al momento de conectar el AP al switch para tener acceso a la red.

La configuración de red del WIFI PINEAPPLE se conecta mediante su propia dirección IP 172.16.42.42 con máscara de subred 255.255.255.0, para que todo el tráfico de datos que genera un usuario pase por el servidor de la piña. El dispositivo creará un punto de acceso interno para suplantar APS legítimos, el SSID será Pineapple_19DC. Para dar acceso a internet a la piña se conectará, ya sea por cable UTP o por red inalámbrica (Wifi) de la universidad, pero preferiblemente la conexión será por cable

Ethernet debido que el firmware de la pineapple no permite la propagación de los APs suplantados, cuando está conectado a una red inalámbrica ya que se desactiva automáticamente el módulo PineAP.

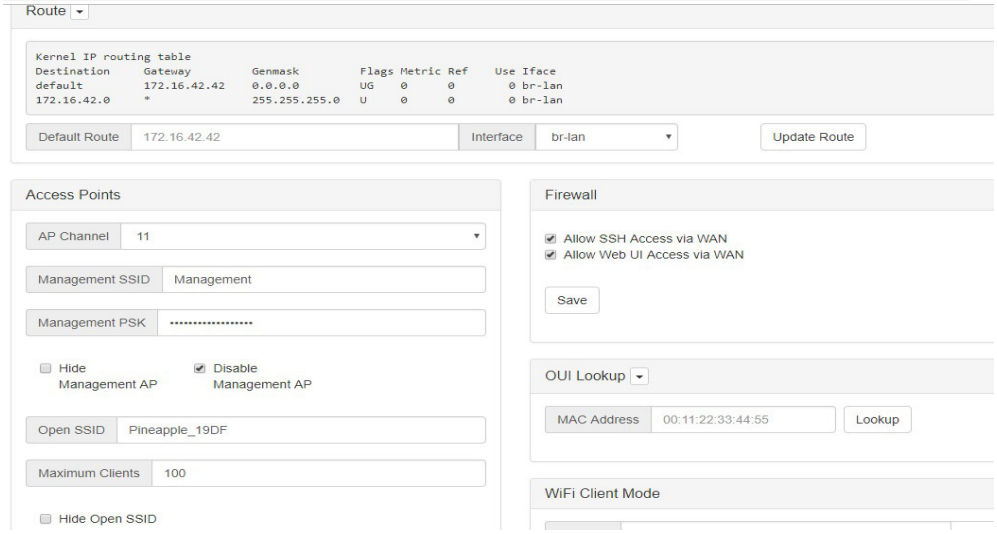


Figura 5 – Configuración de red del WIFI Pineapple Tetra

La Suplantación del punto de acceso es una de las principales características de la piña wifi es replicar puntos de accesos existentes como un ataque de hombre en el medio, engañando a usuarios para que accedan a la conexión y de esta manera ejecutar otros ataques para obtener diferentes tipos de información que ingresan las posibles víctimas.

Una vez configurada la interfaz de la WIFI Pineapple para el análisis en doble banda, se realzia un escaneo en doble banda mediante el módulo Recon, el cual identifica todas las redes posibles que se encuentran a su alrededor, este módulo proporciona algunos parámetros con los que están trabajando los APs identificados tales como SSID con los usuarios, que tiene conectados al momento del escaneo con sus respectivas direcciones de identificación (MAC). Recon también permite guardar el escaneo realizado con fecha y hora para un posterior análisis de las redes detectadas.

Como el punto de acceso que se ha instalado en el lugar de estudio opera a doble banda, se encontra con dos redes con el mismo SSID, una que trabaja en la banda de 2.4 GHz y otro operando en 5 GHz. La mayor parte de equipos como celulares, laptop y tabletas, tienen incorporado una tarjeta de red inalámbrica que opera en el estándar 802.11.b, 802.11.g y 802.11.n los cuales tienen disponibilidad de conexión en la frecuencia de 2.4 GHz (Muñoz, 2007).

La red del laboratorio se ha configurado con el SSID se puede visualizar en el módulo Recon, una vez realizado el escaneo se han encontrado dos redes llamadas TELECOMUNICACIONES, las cuales tienen dos clientes conectados, uno de los usuarios

de esta red es la laptop que se está utilizando para realizar el análisis. Para identificar la identidad de los equipos verificamos la dirección MAC (Maucaylle, 2019).

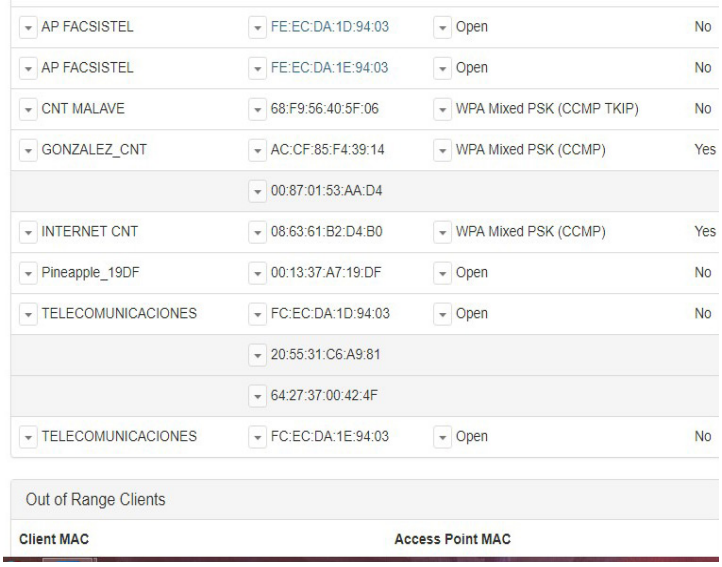


Figura 6 – Escaneo de redes en doble banda

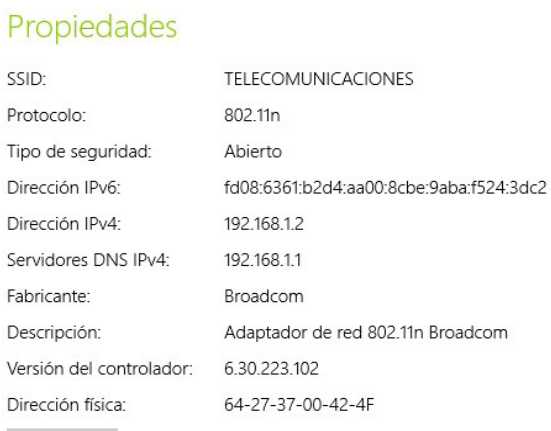


Figura 7 – Propiedades de un dispositivo victima

Una vez identificado la red víctima damos clic en el SSID TELECOMUNICACIONES para adherir esta red a otro módulo de la Wifi pineapple. PineAP, este módulo es el encargado de ejecutar ataque de phishing (suplantación de identidad) resumiendo un sin número de configuraciones avanzadas que se realizan con aircrack-ng y otros programas utilizados para este propósito (Shinde, Karve, Mandaliya & Patil, 2018).

En la ventana de SSID Pool aparecerán todas las redes víctimas agregadas con anterioridad las cuales se puede eliminarlas de la lista para controlar las redes que se quiere atacar. Ahora que ya se tiene una red para suplantar queda escoger las víctimas de esta red por lo que nuevamente se vuelve a la opción de Recon, para agregar los clientes que tiene la red de TELECOMUNICACIONES a un módulo llamado Filters, que es el encargado de dar o restringir el acceso de dispositivos al Rogue AP. Para verificar que efectivamente se ha suplantado esta red, se realiza un nuevo escaneo mediante el módulo Recon (González & Montesino, 2018).

Como se observa efectivamente la dirección MAC que pertenece al computador está junto con otras direcciones conectados a otra red llamada pineapple_19DF, la cual fue configurada para el dispositivo WIFi PINEAPPLE TETRA al comienzo del tema seguridad en redes inalámbricas. Una vez realizada la configuración se realiza las pruebas finales (Hurtado, Mendaño & Alcides, 2016). Prueba 1: Comunicación entre punto de acceso y controlador UNIFI, una vez realizada la configuración del controlador UNIFI, se procede a la adopción del equipo para administrar el punto de acceso desde el servidor. Para verificar que existe conexión entre los dos puntos se envían solicitudes mediante comandos en el CMD.

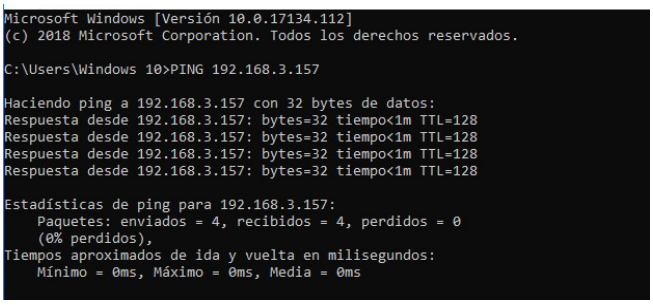


Figura 8 – Verificación de conexión punto de acceso PC

PRUEBA 2: Ingreso de plano en controlador UniFi, el servidor virtual UNIFI permite escoger dos opciones para ingresar un plano, una de estas opciones es mediante google map buscando la ubicación de las instalaciones para añadir el plano y la otra opción es seleccionar una imagen del plano arquitectónico realizado con algún software de diseño gráfico.

Hay que tener en cuenta que deben estar seleccionadas las pestañas diseñador y la opción optimizar el tamaño de imagen, esto permitirá editar el plano dentro del software y, por último, se almacena el mapa con el nombre "TELECOMUNICACIONES".

Prueba 3: Editar plano en servidor UniFi, las ondas que se propagan se atenúan con el pasar de la distancia y los obstáculos que pueda haber en el medio, se edita el mapa colocando el tipo de pared para identificar en la gráfica el nivel de potencia que emite pasando por obstáculos de diferentes materiales. Los diferentes materiales que se pueden simular en el software con sus respectivas pérdidas, colocando las dimensiones reales del lugar para obtener resultados más exactos.

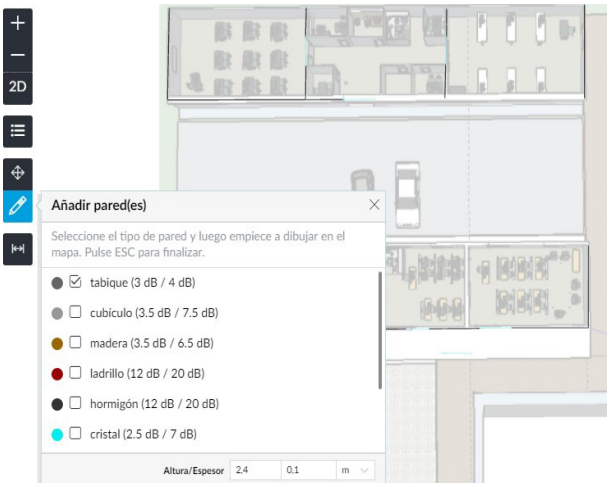


Figura 9 – Construcción del plano en controlador

Prueba 4: Selección de antena UniFi una vez realizado el diseño gráfico del mapa se escoge el o los dispositivos que se utilizarán, en caso de no tener un dispositivo físico el controlador proporcionará un dispositivo virtual, pero con restricciones para su configuración, como la instalación consta de un dispositivo físico, se selecciona y se procede a ubicar el valor de la altura donde estará instalada la antena.



Figura 10 – Equipos físicos para simulación

El punto de acceso esta ubicado en la parte del tumbado del laboratorio de telecomunicaciones para un mejor rendimiento debido a que irradia 360 grados de cobertura.

Prueba 5: Mapa de cobertura para realizar esta prueba se escoge un dispositivo virtual y se visualiza el mapa de cobertura a una frecuencia 2.4 GHz.

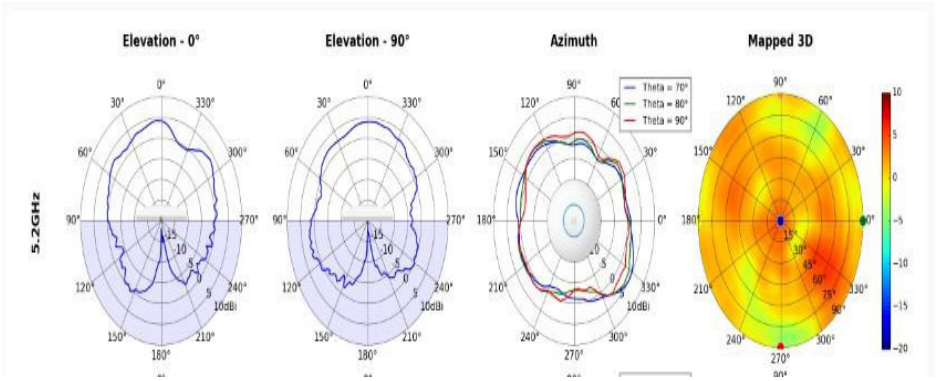


Figura 11 – Patrón de radiación antena UNIFI AC LITE



Figura 12 – Mapa de cobertura con dispositivo virtual

Prueba 6: Análisis de los puntos de accesos capturados en el módulo Pine log, se ubican los puntos de accesos que están guardados en los dispositivos para determinar si se requiere agregan al módulo Pine AP.

5. Conclusiones

Las instalaciones que se han realizado en el rack número 4 están basadas en normas sobre cableado estructurado, esto permitirá al administrador de red detectar fallas que puedan sufrir los dispositivos que conforman la red de manera mucho más rápida debido a que la secuencia de pasos a seguir en las normas se manifiesta la correcta etiqueta para identificar las conexiones. Mediante el análisis de seguridad del punto de acceso se pudo identificar que es inevitable la vulnerabilidad del AP por medio de un ataque de phishing (suplantación de identidad), ya que las víctimas al visualizar una red con un SSID conocido establecerán conexión sin notar que es un Rogue AP (punto de acceso falso). Se pudo verificar que varias páginas que contienen protocolos

de cifrado HTTPs pueden ser vulneradas perjudicando económicamente a los usuarios. El punto de acceso ubicado en el laboratorio de telecomunicaciones requiere uministrar una potencia de -6.5 dbm en la banda de frecuencia 2.4 GHz y una 6potencia de -12 dbm en la banda de frecuencia 5 GHz, siendo un 35% y 60 % de la potencia máxima que irradia el equipo UniFi.

Referencias

Ramírez García, H., Padilla Guzman, M., Sánchez Ríos, J., & Leveau Guerra, L. (2019). Influencia del Campo Electromagnético de Onda Sinusoidal a 60Hz en la Incubación del Huevo de Gallina.

Caizaguano, I., & Magdalena, M. (2019). Detección de cambios morfológicos del eritrocito humano irradiado con luz no coherente de un diodo electroluminiscente infrarrojo en la Sierra Ecuatoriana (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

Rodriguez, W. G. A., Rodriguez, W. L. A., & Páez, M. A. L. (2019). Tecnología Microchip Para Acceder a Información Vehicular Como Apoyo a Procesos de Control y Seguridad. Scientia et technica, 24(2), 264-274.

Saltos Vaca, J. S. (2018). Evaluación del desempeño de la red inalámbrica interna del Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana-MREMH (Master's thesis, PUCE).

Pazmiño Caluña, A. A. (2011). Aplicación de hacking ético para la determinación de vulnerabilidades de acceso a redes inalámbricas WiFi.

Mayorga, A. M., Solarte, S. P., & Donado, S. A. (2018). Pentesting sobre aplicaciones web basado en la metodología OWASP utilizando un cluster conformado por dispositivos SBC de bajo costo. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (E16), 1-14.

González Brito, H. R., & Montesino Perurena, R. (2018). Capacidades de las metodologías de pruebas de penetración para detectar vulnerabilidades frecuentes en aplicaciones web. Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 12(4), 52-65.

García Pérez, A. (2017). Estudio sobre tecnologías de red inalámbricas de área personal: instalación, configuración y monitorización de una red zigbee.

Arnaiz Rubio, D. (2015). Auditoría y control de redes inalámbricas.

Muñoz, I. M. (2007). Sistema Integrado De Auditoría De Redes Wi-Fi.

Maucaylle Leandres, A. (2019). Construcción de un modelo de red virtual para aplicar técnicas de hacking ético y poder analizar los eventos relacionados a la seguridad informática sobre una infraestructura virtual.

Hurtado Sandoval, M. E., Mendaño, M., & Alcides, L. (2016). Implementación de técnicas de hacking ético para el descubrimiento y evaluación de vulnerabilidades de la red de una cartera de Estado (Bachelor's thesis, Quito, 2016.).

Shinde, P., Karve, A., Mandaliya, P. & Patil, S. (2018). Auditoría de seguridad inalámbrica y prueba de penetración con Raspberry Pi. En 2018 Conferencia internacional sobre Smart City y tecnología emergente (ICSCET) (pp. 1-4). IEEE

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 22/09/2019
Aceitação/Acceptance: 14/11/2019

Educación intercultural crítica: de la integración a la construcción de una ciudadanía común

Enrique Javier Díez Gutiérrez[1]

ejdieg@unileon.es

[1] Profesor de la Universidad de León (España), Facultad de Educación, 146. 24071 León. Spain.

Pages: 78–94

Resumen: Este artículo es fruto de la investigación con referencia EDU/18/2009, financiada por el Ayuntamiento de León, junto con el Ministerio de Trabajo e Inmigración y la Junta de Castilla y León. Su objetivo ha sido analizar la visión que sobre la educación intercultural tiene la comunidad educativa, a través de miembros significativos de la misma: dirección y los responsables de convivencia de los Institutos de Secundaria. Se ha utilizado una metodología cualitativa basada en entrevistas grupales semiestructuradas. Se ha indagado sobre las prácticas, las herramientas y estrategias de educación intercultural que se están desarrollando en todos los centros de secundaria de la ciudad y los resultados que las mismas están teniendo de cara a una mejor convivencia e integración del alumnado, mediante entrevista grupal en profundidad semiestructurada. Los resultados muestran que el proyecto de interculturalidad en educación está influido por el modelo de ciudadanía que se está construyendo.

Palabras-clave: Educación Intercultural; Migración; Racismo; Diversidad Cultural.

Critical intercultural education: from integration to building a common citizenship

Abstract: This article is the result of research with reference EDU / 18/2009, funded by the City Council of León, together with the Ministry of Labor and Immigration and the Board from Castilla y León. Its objective has been to analyze the vision that the educational community has about intercultural education, through significant members of the same: management and those in charge of coexistence of the Secondary Institutes. A qualitative methodology based on semi-structured group interviews has been used. It has inquired about the intercultural education practices, tools and strategies that are being developed in all secondary schools in the city and the results that they are having for a better coexistence and integration of students, through group interview in semistructured depth. The results show that the interculturality project in education is influenced by the model of citizenship that is being built.

Keywords*:* Intercultural Education; Migration; Racism; Cultural Diversity.

1. Introducción

En el actual contexto de crisis económica y social en Europa, el fantasma de la xenofobia resurge por toda la geografía europea (Pries, 2018). No solo gobiernos conservadores, sino también socialdemócratas y neoliberales compiten por blindar fronteras (con alambradas, cámaras térmicas, sensores de movimiento, muros y concertinas) e incrementar políticas de rechazo a la migración (mediante la externalización de los CIES o las expulsiones).

En España, la ultraderecha ha cosechado sus mejores resultados electorales y accedido al parlamento nacional, con un discurso abiertamente racista. En Europa, se ha consolidado también su presencia en el Parlamento Europeo, resurgiendo discursos en los que se reivindica los derechos para los nuestros o los "estilos de vida" propios a los que se tienen que adaptar los diferentes (Löwy, 2015), y la defensa de la identidad cultural propia supuestamente amenazada por los diferentes (Cseszneky & Riquelme, 2018). El extranjero se asimila cada vez con mayor insistencia como una amenaza y, en todo caso, un peligro (Valle, Bolaños & Rodríguez, 2018).

La legislación española de repatriación forzada de los inmigrantes en situación irregular (calificada como "Directiva de la vergüenza") muestra una normativa xenófoba y abiertamente racista, que incumple numerosos artículos de la Declaración Universal de los Derechos Humanos y varios tratados internacionales (Estrada Tanck, 2019). Una falta administrativa (carecer de permiso en vigor) tiene como consecuencia punitiva que las personas extranjeras puedan ser detenidas y expulsadas o retenidas en internamiento en Centros de Internamiento de Extranjeros (CIEs), donde pueden permanecer privadas de libertad y prácticamente incomunicadas durante meses. Estos CIEs están denunciados por los malos tratos, hacinamiento, la incomunicación y el aislamiento, incluso de menores (López Belmonte, López Meneses, Vázquez Cano, & Fuentes Cabrera, 2019), el racismo en alguna de sus manifestaciones más extremas, la indefensión legal y la precariedad de los mecanismos de supervisión desde el exterior (Orgaz Alonso, 2018; Ávalos Ruíz & El Homrani, 2018).

Los muros se vuelven cada vez más altos para quienes proceden de la parte del mundo saqueada de sus recursos naturales (Leeman & van Koeven, 2019). A los migrantes del "sur" sólo se les admite clasificados como "mano de obra barata" (Ortega Velázquez & Mariño Menéndez, 2012), destinados a aquellos sectores laborales tediosos, agotadores o con connotación de inferioridad social, puestos de trabajo rechazados con frecuencia por los residentes locales (Galbraith, 1992).

De esta forma, la "gestión de la migración" se ha centrado en el reclutamiento de las personas migrantes "necesarias y convenientes", lo que implica el rechazo o la devolución de quienes no entran en la categoría de los denominados "migrantes deseados" (De Lucas, 2006; García Juan & Arce Jiménez, 2018). Se va construyendo así un imaginario colectivo y social, que impregna todos los ámbitos y medios, del migrante como mano de obra barata que deben volver a su país una vez finalizado su trabajo o si no tienen otro –por lo que todos los demás, que no están en esas condiciones, son ilegales– (Ortega Velázquez & Mariño Menéndez, 2012; García Juan & Arce Jiménez, 2018).

Esta es la situación que viven la mayor parte de las familias y el alumnado migrante que pueblan los centros y las aulas. A pesar de las declaraciones y propuestas sobre

educación intercultural que se plasman en documentos y programas educativos, el alumnado y sus familias perciben que ésta es la visión mayoritaria que sobre ellos tiene la sociedad donde están afincados (Telleschi, 2017; Terrón Caro, Cárdenas Rodríguez & Rodríguez Casado, 2017).

La migración (reverso imprescindible de las políticas de libre comercio) implica que las personas se juegan su vida y su futuro en el paso de las fronteras para tener algo mejor. Lo hacen mayoritariamente obligados porque en su país no hay trabajo ni posibilidades, o se han creado guerras que les han dejado sin tierras ni oportunidades (Leiva Olivencia, 2017; Franco, Arellano & Estévez, 2018).

Sobre esto nada quiere saber Europa, ni de su responsabilidad en el saqueo y explotación de los recursos de los países de origen de las personas migrantes. Consideran que es parte del "juego del libre comercio internacional", que nada influye en la situación económica y social de los países del 'sur'.

Esta relación histórica asimétrica, marcada por la lógica de la dominación y el saqueo desde el 'norte', ha configurado una desvalorización sistemática del migrante, como un peligro a conjurar o, en todo caso, un "menor" a proteger.

El discurso proveniente de la clase política, se extiende, multiplica y amplifica a través de los medios de comunicación social, colonizando el pensamiento común de nuestras sociedades (Van Dijk, 2010; Hainmueller & Hopkins, 2014). Sin embargo, las posturas xenófobas defendidas abiertamente por discursos políticos en Europa, que cada vez ganan más apoyo y adeptos, contrasta con la opinión mayoritaria de la ciudadanía de la Unión Europea. Según un estudio reciente del Centro de Políticas de Migración del Instituto Universitario Europeo (Dennison & Drazanová, 2018), que ha analizado los datos de sondeos de 17 países europeos desde 2010, argumenta que, al contrario de lo que se suele pensar, las actitudes hacia la inmigración en Europa no son cada vez más negativas. En todo caso, son estables, afirma, y, en los últimos años, se han vuelto más positivas (excepto en Hungría y Grecia). Aunque son más aceptados los comunitarios que los que proceden de otras partes del mundo (Gundara & Jacobs, 2019).

No obstante, aunque en este macroestudio se concluye que la postura mayoritaria es favorable hacia la inmigración (sobre todo el impacto positivo para la economía y las pensiones), se incrementa el número de quienes creen que los inmigrantes deben esforzarse en adoptar las costumbres y tradiciones autóctonas para ser totalmente aceptados ("exigencia de su capacidad para hablar el idioma local). Esto es lo que se ha denominado "racismo de baja intensidad o latente" (Espelt, 2011; Moreno Colom & De Alós, 2016).

Este racismo de "baja intensidad", que se expresa de una forma menos explícita, más solapada y con altos componentes de elementos culturales, simbólicos y de resistencia pasiva frente a la diversidad, es proporcional al racismo institucional y social, puesto que el segundo legitima y abriga al primero. Para SOS Racismo, red de organizaciones antirracistas, existe un creciente racismo institucional que, multiplicado y amplificado por los medios de comunicación está alentando y potenciando ese racismo de baja intensidad (Rodríguez Borges, 2017; Fernández Aragón & Shershneva, 2017), que acaba ligando migración a la delincuencia y la seguridad; diferencia a amenaza y peligro de pérdida de identidad cultural y diversidad a problemas, alimentando así un racismo social solapado, pero persistente y sólido (Castellano Barragán, 2017).

El problema es que este clima, y la mentalidad que conlleva, parece estar trasladándose al ámbito educativo. Las investigaciones en el contexto del Estado español (Calvo Buezas, 2008; INJUVE, 2008; Díaz Aguado, 2008; Olmos, 2010; Cebolla & González, 2016; Capote & Nieto, 2017) reflejan desde hace años dificultades de convivencia entre alumnado de familias procedentes de diferentes culturas, que no parece ajeno a este clima social que se ha descrito y que los últimos tiempos se está exacerbando y utilizando por grupos políticos y medios de comunicación.

A raíz de esta situación, que afecta profundamente a la posibilidad de convivencia y al desarrollo e implementación de una auténtica educación intercultural en los centros educativos, se nos encargó este proyecto de investigación "Construyendo Ciudadanía", a la Universidad de León. La finalidad del mismo era conocer y analizar, por una parte, la percepción que los equipos directivos de todos los centros escolares públicos de educación secundaria de la ciudad de León, tienen respecto a la convivencia y la educación intercultural en las comunidades educativas de esta ciudad; además, se pretendía indagar en cómo les influía o afectaba ese clima social, descrito en el apartado anterior, en su visión a la hora de plantear la convivencia de diferentes culturas en los centros educativos, pues éste es un aspecto claves para el cambio hacia un enfoque educativo realmente intercultural (Hjerm, Johansson Sevä & Werner, 2018). Por otra parte, se trataba de contrastar su visión con el tipo de prácticas interculturales que manifestaban llevar a cabo en los centros de secundaria que dirigían. Al mismo tiempo que se indagaba la visión de los diferentes miembros de equipos directivos (director o directora, jefes de estudio o secretarios) también se recabó la perspectiva de los responsables de convivencia de los IES, puesto que, según la normativa española, son los responsables o impulsores de la "integración intercultural", dentro de sus cometidos de desarrollo y coordinación de la convivencia en los centros educativos.

2. Método

Se utilizó una metodología de carácter cualitativo (Velasco y Diaz de Rada, 1997), puesto que se trataba de describir, comprender y explicar fenómenos educativos vinculados al estudio de caso de cada uno de los centros escolares. Para ello se diseñó, como instrumento de investigación, una entrevista grupal en profundidad, semiestructurada. Dicha entrevista estaba dirigida específicamente a los componentes del equipo directivo y a los coordinadores y coordinadoras de convivencia. Y la misma se aplicó a todos los Institutos de Secundaria públicos de la ciudad de León.

Para diseñar la entrevista se utilizó como base los indicadores para la Convivencia escolar de los centros educativos de Castilla y León (Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León, 2010), contrastados con diferentes instrumentos de evaluación ya validados sobre participación de la comunidad educativa (Aguado et al., 1988), prejuicios étnicos (Díaz Aguado & Baraja, 1994) o diversidad cultural e igualdad escolar (Aguado, 1999). Se articuló la entrevista en torno a treinta y cinco ítems o preguntas abiertas, agrupadas en bloques de seis categorías relacionadas con la "situación existente", la "filosofía y actuaciones", los "recursos con los que cuentan", el "abordaje curricular y organizativo", y la "formación" en materia de educación intercultural. La duración media de cada entrevista fue de 4 horas, teniendo que continuar alguna de ellas en sucesivas ocasiones.

La muestra (Fowler, 2014) se compuso de los 9 Centros de Educación Secundaria de León ciudad. Dado que se aplicó una entrevista grupal en cada centro escolar a cuatro personas (tres componentes del equipo directivo y la persona responsable de convivencia), los participantes fueron 36 sujetos en total: en cada caso 3 miembros de equipos directivos y 1 persona responsable de la convivencia en el centro escolar. Con los datos obtenidos, se aplicó un análisis de contenido temático basado en categorías (Ascanio, 2001; Cáceres, 2008; Delgado & Gutiérrez, 1999; Piñuel Raigada, 2002).

3. Resultados

Respecto a la categoría relacionada con "la filosofía y las actuaciones", los resultados han permitido constatar que, aunque se utilizan y explicitan conceptos relacionados con la diversidad intercultural en las entrevistas, estas declaraciones verbales de las personas entrevistadas contrastan con las prácticas y actuaciones que describen ellas mismas, que parecen más en sintonía con la concepción ideológica y social que hemos descrito anteriormente.

Es cierto que alguno de los equipos directivos, sobre todo uno de los directores, apuntaba una perspectiva centrada en involucrar en un modelo de educación intercultural a todos los participantes (profesorado, alumnado, familias, personal de administración, entorno, administración, etc.) y todas las dimensiones del centro (curricular, organizativa, extraescolar, convivencial, etc.) (Flecha, 2010), pero la orientación más común, manifestada por parte de los equipos entrevistados, se enfocaba de forma específica a realizar prácticas y actuaciones dirigidas al alumnado de minorías y migrante. La mayor parte se engloban en los programas de compensación educativa, establecidos por la Administración e implementados por especialistas o profesorado destinado a estos programas. También algunas actuaciones con sus familias y, en algunos casos, de cara a conocer las culturas de origen, pero mayoritariamente se prioriza, como manifestaban, el que "aprendan el idioma vehicular cuanto antes para que se integre" (C2d), o "ayudarles a que adquieran las normas y costumbres nuestras" (C7je), de cara a que se adapten e "integren" en su entorno social y cultural (C3c; C5s; C2je).

Lo cierto es que la educación intercultural en secundaria se sigue asociando al incremento de la presencia de alumnado inmigrante en el centro educativo. Por lo que, en general, se considera un "problema" de "educación de y con esas minorías" a quienes se dirige esencialmente la intervención educativa (C4je; C8c).

En la categoría de "recursos con los que cuentan" la queja generalizada ha sido la falta de los mismos (C2je; C6c; C4d). Refiriéndose especialmente a la falta de "especialistas", casi siempre aludiendo al profesorado de compensación educativa o "de compensatoria", que les atienda específicamente, sacándolos del aula. Consideraban que facilitaban al resto de los docentes "centrarse en el desarrollo de la materia y seguir con sus clases" (C1c), cuando en determinadas horas de clase se les atendía en espacios separados, a cargo de ese profesor o profesora "de compensatoria".

No obstante, en la categoría "abordaje curricular y organizativo", en uno de los centros, con alto índice de población inmigrante, tal como nos explicaba su equipo directivo, hay una voluntad explícita y expresa para que la interculturalidad "transversalice" todas las actuaciones del centro, por lo que se trabaja desde esta perspectiva en algunas de

las materias y asignaturas y se intenta plasmar en la dinámica cotidiana del centro, poniendo como ejemplo el recreo, las fiestas o las tutorías (C5d; C5je). Los demás centros de secundaria manifestaban trabajar habitualmente estos aspectos, considerados de "atención a la diversidad cultural", como elementos adicionales o programas específicos, en cierta medida separados de la labor educativa del conjunto del profesorado, que no interacciona con su práctica diaria habitual (C1d; C4je; C5s).

De hecho, ninguno de los centros mostró que se hubieran replanteado y transformado los contenidos de los textos escolares, desde una perspectiva intercultural o se intentaran adaptar a una comunidad multicultural y mestiza (C1c; C2je). Aunque, en algunos casos, se demandaba la necesidad de "libros de texto y materiales curriculares más adaptados a la realidad actual" (C3s), sobre todo lo que se demandaban eran "documentos, traducidos a las lenguas de origen de las familias migrantes y de minorías" (C9d), de cara a dar respuesta sobre todo a los procesos de inscripción y matrícula inicial, que, especialmente a los equipos directivos, les planteaba dificultades. Referían también, en este sentido, disponer de material en diversas lenguas que describieran el sistema educativo español o los requerimientos para solicitar becas y ayudas de comedor (C6c; C7d).

No obstante, algunos equipos directivos y responsables de convivencia sí han manifestado, que realizan actividades extraescolares o acciones con el fin de sensibilizar y dar a conocer las culturas del alumnado migrante que está escolarizado en ese centro (C2je; C9d). Jornadas multiculturales, encuentros con miembros de comunidades extranjeras, vídeos sobre culturas diferentes, etc. Lo que muestra que en algunos IES se ha avanzado, en cierta medida, hacia un modelo de multiculturalidad. Pero estas acciones puntuales, y generalmente extracurriculares, confiesan que no han mejorado realmente la participación asidua y la integración efectiva de las familias de origen extranjero en la dinámica de los centros, pues, según manifiestan los equipos directivos entrevistados, siguen "mostrándose reacias" a este tipo de acciones que, en algunas ocasiones califican de folclóricas y un tanto estereotipantes (C4d; C8je).

Finalmente señalar que en ningún centro de secundaria se ha planteado de forma sistemática y continuada acciones y estrategias específicas para abordar lo que se ha denominado racismo de baja intensidad (García et al., 2003; Borasteros & García, 2007; Celaya Carrillo, 2011; Rogero, 2019) o los estereotipos y prejuicios ligados a la discriminación cultural. Todos los equipos directivos y las personas responsables de convivencia en los Institutos se han manifestado abiertamente en contra de establecer medidas de "acción positiva" respecto al alumnado extranjero, dado que se considera que "no existe racismo ni discriminación en nuestro centro" (C4c). En todo caso, algunas respuestas reconocen que surgen algunos conflictos, pero se califican como "desencuentros", ligados y limitados a costumbres, hábitos o formas de relacionarse (sobre los hábitos de higiene o las formas de relación), pero claramente rechazan que estos desencuentros sean manifestaciones o reflejo de rechazo o xenofobia (C1d; C9je; C3d). Por eso todos comparten que "hay que tender a tratar a todos por igual" (C2je), a pesar de que se reconociera en las propias entrevistas que no hay mayor desigualdad que tratar por igual a quienes están en una situación de desigualdad efectiva (C2s; C2je; C8d).

Lo que sí se demanda, en la categoría de formación, es una "formación específica dirigida al profesorado sobre aspectos, estrategias y formas de afrontar una perspectiva

intercultural en su práctica diaria", pues consideran que la formación inicial del profesorado no la incorpora suficientemente, como se constata por la "oferta educativa" de los estudios de grado (García Gómez & Arroyo González, 2017; Rubio, Martínez & Olmos, 2019). Aunque se señala que, la forma más efectiva de poder atender de forma adecuada la interculturalidad y la diversidad cultural que conlleva es una urgente e imprescindible "reducción de la ratio de alumnado en el aula", si se quiere que se personalice y se pueda desarrollar la tarea educativa adaptada a las necesidades de todo el alumnado.

4. Conclusiones y discusión

Se constata que el enfoque mayoritario de los equipos directivos y de los responsables de convivencia en los centros de secundaria de León se debate entre una bienintencionada acción puntual y extracurricular de carácter multicultural y una "realista" compensación educativa, algo que parece ser bastante habitual en la práctica educativa ante la multiculturalidad (Passiatore et al., 2019).

Esta orientación es coherente con las políticas reales que también aplica la administración educativa responsable de los centros educativos, que aplica más políticas de compensación que de inclusión intercultural (García Fernández et al., 2010; Rogero, 2019). Parece, pues, seguir percibiéndose la diversidad cultural más como una dificultad para el "desarrollo normal" de la dinámica escolar, que como una posible oportunidad para repensar y replantear la acción educativa de todo el centro.

Parece pues persistir en la práctica educativa el habitual modelo de educación compensatoria, que es el habitualmente impulsado desde la Administración educativa en los centros de secundaria (como manifestaron los equipos directivos), en torno a programas de aprendizaje y adaptaciones curriculares específicas, a cargo de "especialistas de compensatoria", en espacios separados durante algunas horas lectivas, y que se establecen solo en aquellos centros donde se da una "concentración" de alumnado inmigrante, que supera el número establecido por la propia Administración (García Fernández et al., 2010).

Lo cierto es que la acción educativa no se orienta desde un enfoque global que involucre a todo el profesorado, sino que más bien se tiende a derivar o hacer recaer la atención a la diversidad al especialista o 'experto' de compensación educativa. Esto conlleva que en la práctica educativa una parte sustancial del tiempo se "eduque" al alumnado de origen familiar extranjero separado del resto. Separar al alumnado en clases diferentes dificulta desarrollar su competencia social para cooperar con otros alumnos y alumnas diferentes e impide prevenir la constitución de contextos y relaciones sociales potencialmente fragmentados (Gorski, 2009; Jiménez Gámez, 2010).

Esta dinámica mantiene y potencia la percepción de una buena parte de los profesionales y responsables de educación secundaria sobre la presencia de niñas y niños de origen inmigrante en las aulas, no como una oportunidad de aprendizaje y mejora global de la dinámica de la clase y del centro (Telleschi, 2017), sino como un problema y dificultad en el desarrollo de la práctica educativa (Jiménez Gámez, 2010; Olmos Alcaraz, 2010; Sabariego, 2012).

También se está repensando el currículum y los contenidos educativos desde una perspectiva intercultural que combata los prejuicios etnocéntricos. Más que introducir en los contenidos o las actividades escolares aspectos relativos a otras culturas (Vergara, Rivera & Méndez, 2019), o dedicar momentos específicos a actividades de conocimiento de otras culturas (Baches Gómez & Sierra Huedo, 2019), lo que se pretende es que toda la dinámica, las relaciones, los materiales, las actividades, los contenidos estén repensados desde la diversidad cultural, de tal forma que el centro esté marcado por la diversidad.

Aunque es necesario destacar las experiencias de dos centros que avanzan, de forma compartida y participada por el claustro, hacia un enfoque más intercultural, considerando cada vez más la diversidad y la diferencia como la norma social en una sociedad mestiza, como la que vivimos, y a todo el entorno y a toda la comunidad educativa, y no solo al alumnado o a las familias de origen extranjero, sujeto y "objeto" de una educación intercultural.

A partir de los resultados de esta investigación nos hemos dado cuenta que la convivencia en un contexto educativo de mestizaje y diversidad cultural, como el que vivimos y seguiremos viviendo en nuestro planeta, supone un reto para los centros educativos (Carbonell, 2002). Pero esto no es solo achacable a la dinámica escolar y al funcionamiento de los centros (Leyva, 2008), sino al discurso político y social (especialmente de algunos partidos y grupos de ultraderecha que se están expandiendo de forma alarmante), amplificado por los medios de comunicación, que influye a toda la comunidad social y educativa, construyendo un imaginario poco propicio para el encuentro y la convivencia intercultural (Ballesteros Moscosio & Fontecha Blanco, 2019).

En función de las conclusiones de esta investigación, se ha diseñado un programa de intervención y sensibilización intercultural de las comunidades educativas para avanzar en la consolidación de una convivencia desde un enfoque de educación intercultural (Karousiou, Hajisoteriou & Angelides, 2019).

Que involucre al profesorado en una perspectiva inclusiva, donde la presencia de alumnado migrante en las aulas sea una oportunidad para introducir estrategias de aprendizaje cooperativo y trabajo por proyectos, como base de una metodología docente más activa e inclusiva (Anguita Acero & Hernández Sampelayo, 2017; Arroyo González, 2017; Castellano Barragán, 2017).

Se busca también la participación activa de las familias, diseñando estrategias para potenciar las expectativas positivas respecto a las posibilidades de mejora y de éxito escolar de sus hijos e hijas. Así como propuestas para conseguir su implicación en la dinámica del centro y en las actividades curriculares y organizativas que se realizan en el mismo.

Se trata de diseñar estrategias globales, permanentes y en todos los ámbitos educativos, que ayuden a generar un "clima intercultural" general en el centro, que prepare a toda la comunidad educativa para vivir en sociedades mestizas, potenciando el intercambio, el entendimiento y la comunicación (Besalú, 2002; Ester Sánchez, 2016).

Frente al relativismo cultural, pretende un respeto por todas las culturas, pero también su análisis crítico, desde el respeto democrático y en el marco de los Derechos Humanos,

para educar en igualdad a todos y todas para una ciudadanía responsable y comprometida socialmente (Maiztegui, 2008; Veugelers & de Groot, 2019).

Implica el afrontamiento de conflictos en los centros educativos que propicie la convivencia intercultural (Fiorucci, 2017; Guzmán Marín, 2018), pero también una enseñanza antirracista (Besalú, 2002; Foster, 2019). Lo cual supone vincular indefectiblemente educación intercultural y educación antirracista (Woodrow et al., 2019), ligada a un análisis crítico de las estructuras de poder y opresión (Besalú, 2002; Essomba, 1999; Kincheloe y Steinberg, 1999; Martín Rojo, 2003; Martín Solbes & Ruiz Galacho, 2018).

Por último, este programa considera que es necesario integrar en toda acción y estrategia educativa intercultural global al entorno social y político, porque no habrá educación intercultural sin el reconocimiento social, económico y político pleno de las minorías culturales, pues la interculturalidad supone un problema no solo educativo, sino político y social. Lo cual conlleva no solo la reorganización de la dinámica global del centro educativo para desarrollar formas de convivencia en las que todas las personas se vean representadas (Martín Rojo, 2003), sino que implica simultáneamente cuestionar y luchar contra unas políticas económicas, sociales y culturales que están consolidando un "muro defensivo" laboral, legal y mental, en definitiva, estructural, que impide real y efectivamente una sociedad mestiza, como se proclama en los discursos públicos o en las declaraciones oficiales (Besalú, 2002; Romay & López, 2016).

No sólo es imprescindible que la educación intercultural esté asociada al desarrollo de destrezas para superar las injusticias y las desigualdades sociales (Gay y Stone Hanley, 1999) e implique el aprendizaje de contenidos, actitudes y habilidades necesarias para participar efectivamente en la acción y el cambio social hacia un mundo más justo y mejor, sino que es irrenunciable que vincule la acción educativa con las condiciones sociales.

Cualquier cambio o reforma educativa debe entender la educación intercultural dentro de un contexto sociopolítico (Nieto, 1997), porque el antirracismo y la interculturalidad efectiva no gozarán de credibilidad, ni serán adoptados en los comportamientos cotidianos, mientras no formen parte también de los valores y, por lo tanto, de las reglas, normas y leyes que ordenan las relaciones económicas, sociales, políticas y culturales (Maiztegui, Villardón, Navarro & Santibáñez, 2019; Nash, 1999; Sabariego, 2002).

"Podemos dedicar grandes esfuerzos a cambiar actitudes, a despertar curiosidad y respeto recíproco entre aquellas personas que son de etnias diferentes, pero difícilmente conseguiremos la consolidación de tales finalidades si ese trabajo no se enmarca en un contexto donde también se establezcan cambios, por ejemplo, en el marco jurídico y normativo con respecto a la igualdad de derechos de todos los ciudadanos y ciudadanas, sea cual sea su nacionalidad o su situación legal. O también donde la igualdad de oportunidades y de acceso a los servicios básicos gratuitos sea una realidad. Tal ausencia de igualdad de derechos y oportunidades no debe suponer un freno en el ámbito estrictamente educativo, sino más bien un estímulo para realmente enfocar la estrategia más allá de los muros del centro educativo y de las limitaciones curriculares que obstruyen a menudo el trabajo de la conciencia social" (Essomba, 1999, 1112).

De ahí que la educación intercultural implica asumir el compromiso de promover un discurso que considera prioritaria la igualdad social, así como la denuncia de los sistemas de opresión, básicamente el racismo y el capitalismo (Osuna Nevado, 2012). Supone entender que los problemas globales de la sociedad no se pueden reducir a unas soluciones eminentemente escolares, sino que exigen una implicación social y política por una sociedad que luche contra la opresión y la injusticia (Giroux, 1992; McCarthy, 1990; Popkewitz, 1988).

Si nos situamos en un marco de derechos humanos, carece de todo sentido que un ciudadano o ciudadana, por el hecho de ser extranjero o extranjera, no disponga de los mismos derechos y libertades que un ciudadano o ciudadana de nacionalidad española. Por eso una educación intercultural crítica (Halualani, 2018) supone una actitud beligerante con las leyes y reglamentos de extranjería actuales, que son la base de una política que está generando un marco de discriminación y desigualdad, y con un modelo social que priva de libertad para, supuestamente, garantizar la seguridad y que prima las medidas de control y no de bienestar, creando un marco de apartheid jurídico (Essomba, 2008).

Es necesario construir prácticas educativas interculturales críticas que capaciten al alumnado y a las comunidades educativas para desenmascarar las dinámicas políticas, económicas, sociales y culturales que condicionan nuestras interpretaciones, expectativas y posibilidades de intervenir en la realidad y mostrarles, a través de esas mismas prácticas educativas interculturales comprometidas, que es posible construir otro mundo posible, imprescindible y necesario. Lo cual exige una implicación activa y decidida en la construcción de comunidades justas y democráticas (Osorio Vargas, 2016), no sólo en lo interno de la organización escolar, sino también en el contexto social en el que se sitúa el centro educativo (Hernández Fierro, 2017; Habib Allah, 2018). Este es el auténtico significado de la educación para la ciudadanía democrática (Parker, 1996; Banks, 1997; Kaltsounis, 1997; Maiztegui, 2008; Delgado, Bernal & López, 2019).

El gran reto de construir una comunidad justa, hace prioritario enfatizar en la educación intercultural la enseñanza de conocimientos y destrezas críticas, liberadoras y transformadoras que se adentran en las cuestiones del poder, los privilegios, la hegemonía y la acción social crítica y emancipadora (Aguado, 2017). Una "alfabetización política" (Passiatore et al., 2019) que incorpore las nociones de justicia social, justicia económica y democracia participativa como bases para desarrollar las ideas de ciudadanía y comunidad (De la Torre, 2006; Veugelers, 2019). Este enfoque alienta la construcción de una sociedad democrática intercultural y fomenta escuelas democráticas interculturales críticas e inclusivas (Bottiani et al., 2018; Fruja & Roxas, 2016; Udvari Solner & Thousand, 2018) en donde se viva y se aprenda mediante la práctica la democracia radical, reconociendo el carácter inseparable del proyecto educativo y el proyecto social (Bartolomé et al., 1997; Martínez, 1998). Porque toda educación o es intercultural y crítica o no es educación.

Referencias

Aguado, T. (1999). *Diversidad cultural e igualdad escolar. Un modelo para el diagnóstico y desarrollo de actuaciones educativas en contextos escolares multiculturales*. Madrid: CIDE.

Aguado, T. (2017). *Pedagogía intercultural*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana

Aguado, T.; Bernal, J.L.; Bernat, A.; Garcia, E. & Sabiron, E. (1988). *Evaluación de la participación de padres, profesores y alumnos en los centros docentes*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.

Anguita Acero, J. M., & Hernández-Sampelayo Matos, M. (2017). Educación intercultural: elemento clave en la atención a la diversidad y la educación inclusiva. En S. Carrascal Domínguez & I. Ceballos Viro (Eds.). *12 Miradas: perspectivas actuales en educación, arte y sociedad* (209–232). Madrid: Universitas.

Arroyo González, M. J. (2017). La educación intercultural: un camino hacia la inclusión educativa. *Revista de educación inclusiva*, 6(2), 144-159.

Ascanio, A. (2001). *Análisis del contenido del discurso político*. Caracas (Venezuela): Equinoccio.

Ávalos Ruíz, I. & El Homrani, M. (2018). Diagnóstico de necesidades de menores en centros de protección e internamiento. *Praxis Pedagogica*, *18*(22), 1.

Baches Gómez, J., & Sierra Huedo, M. L. (2019). La educación intercultural y el desarrollo de la competencia intercultural a través de la asignatura de Educación Plástica, Visual y Audiovisual: retos y oportunidades. *Profesorado: Revista de Currículum y Formación Del Profesorado*, *23*(1), 161–181.

Ballesteros-Moscosio, M.-Á., & Fontecha Blanco, E. (2019). Competencia Intercultural en Secundaria: Miradas entrelazadas de profesores y estudiantes hacia personas de otras culturas y creencias. *Tendencias Pedagógicas*, (33), 18–36.

Banks, J.A. (1997). *Educating Citizens in a Multicultural Society*. New York: Teachers College Press.

Bartolomé Pina, M. et all. (1997). *Diagnóstico a la escuela multicultural*. Barcelona: CEDECS.

Besalú Costa, X. (2002). *Diversidad cultural y educación*. Madrid: Síntesis.

Borasteros, D., & García, J. (2007). Un racismo de baja intensidad. *El País*, *3*.

Bottiani, J. H., Larson, K. E., Debnam, K. J., Bischoff, C. M., & Bradshaw, C. P. (2018). Promoting educators' use of culturally responsive practices: A systematic review of inservice interventions. *Journal of Teacher Education*, *69*(4), 367-385.

Cáceres, P. (2008). Análisis cualitativo de contenido: una alternativa metodológica alcanzable. *Psicoperspectivas. Individuo y sociedad*, *2*(1), 53-82.

Calvo Buezas, T. (2008). *Actitudes ante la Inmigración y Cambio de Valores*. Madrid: Centro de Estudios sobre Migraciones y Racismo UCM.

Capote, A., & Nieto Calmaestra, J. A. (2017). La población extranjera en edad escolar en España: del boom de la inmigración al cambio en el ciclo migratorio. *Revista de Geografía Norte Grande*, (67), 93-114.

Carbonell, F. (2002). Educación Intercultural: principales retos y requisitos indispensables. *Cooperación Educativa*, 65, 63-68.

Castellano Barragán, A. (2017). Racismo en las intervenciones profesionales educativas: Propuestas metodológicas de intervención intercultural. En A. Rodríguez-Martín (Comp.). *Prácticas innovadoras inclusivas: retos y oportunidades* (331-339). Oviedo: Universidad de Oviedo.

Cebolla Boado, H. & González Ferrer, A. (2016). *¿Ha podido más la crisis o la convivencia?: sobre las actitudes de los españoles ante la inmigración*. Madrid: Fundación Alternativas.

Celaya-Carrillo, B. (2011). Pánicos racistas: reflexiones sobre la inmigración en Cataluña y España a partir de un texto de Najat El Hachmi. *MLN*, *126*(2), 344-365.

Cseszneky, M., & Riquelme, S. F. (2018). El lenguaje de la Identidad. Hungría en la Historia de la civilización europea. *Historia Digital*, *18*(31), 6-45.

De La Torre, W. (2006). Multiculturalism. A Redefinition of Citizenship and Community. *Urban Education*, 31 (3), 314-345.

De Lucas, J. (2006). La inmigración en España: una obsesión desbordada. *Le Monde Diplomatique*, *5*.

Delgado, J. M., & Gutiérrez, J. (1999). *Métodos y técnicas cualitativas de investigación en ciencias sociales*. Madrid: Síntesis.

Delgado-Algarra, E.J.; Bernal-Bravo, C. & López-Meneses, E. (2019). Competencia multicultural y ciudadanía cosmopolita en el contexto hispano-japonés de la educación superior. *Journal of New Approaches in Educational Research*, (8)2, 166-183. http://dx.doi.org/10.7821/naer.2019.7.425

Dennison, J. & Drazanová, L. (2018). *Public attitudes on migration: rethinking how people perceive migration. An analysis of existin opinión polls in the Euro-Mediterranean región*. European Union: Observatory of Public Attitudes to Migration.

Díaz Aguado, M.J. (Dir). (2008). *Estudio Estatal sobre la convivencia escolar en la Educación Secundaria Obligatoria*. Madrid: UCM. Retrieved from http://www.oberaxe.es/files/datos/4880737908ab1/MECavance_resultados_2008.pdf

Díaz-Aguado, M.J. y Baraja, A. (1994): *Interacción educativa y desventaja sociocultural. Un modelo de intervención para favorecer la adaptación escolar en contextos inter-étnicos*. Madrid: CIDE.

Espelt, E. (2011). Nosotros y el racismo. *Mugak*, *58*. Retrieved from http://mugak.eu/revista-mugak/no-58/nosotros-y-el-racismo

Essomba, M.A. (Coord.). (1999). *Construir la escuela intercultural. Reflexiones y propuestas para trabajar la diversidad étnica y cultural*. Barcelona: Graó.

Essomba, M.A. (2008). *10 ideas clave. La gestión de la diversidad cultural*. Barcelona: Graó.

Ester Sánchez, A. T. (2016). La educación intercultural como principal modelo educativo para la integración social de los inmigrantes. *Cadernos de Dereito Actual*, (4), 139–151.

Estrada Tanck, D. (2019). The Principle of Equality before the Law in International Law. *Cuadernos Derecho Transnacional*, 11(1), 322-339. https://doi.org/10.20318/cdt.2019.4622

Fernández Aragón, I. & Shershneva, J. (2017). Convivencia en espacios de racismo institucionalizado y/o político. *EMPIRIA. Revista de Metodología de las Ciencias Sociales*, (37), 127-154.

Fiorucci, M. (2017). Educar a la ciudadanía global en una perspectiva intercultural. *Revista Española de Educación Comparada*, (30), 44–60.

Flecha, R. (2010). Establecer agrupaciones heterogéneas con recursos reubicados. En Aa.Vv. *Libro blanco de la educación intercultural* (35-36). Madrid: FETE-UGT.

Foster, P. (2019). *Policy and Practice in Multicultural and Anti-racist Education: a case study of a multi-ethnic comprehensive school*. London: Routledge.Fowler, F.J. (2014). *Encuesta de métodos de investigación*. Reino Unido: SAGE.

Fruja Amthor, R., & Roxas, K. (2016). Multicultural education and newcomer youth: Re-imagining a more inclusive vision for immigrant and refugee students. *Educational studies*, *52*(2), 155-176.

García, M. C., Navas, M. S., Cuadrado Guirado, M. I., & Molero Alonso, F. (2003). Inmigración y prejuicio: actitudes de una muestra de adolescentes almerienses. *Acción Psicológica*, *2*(2), 137–147.

García Fernández, J.A; Sánchez Delgado, P.; Moreno Herrero, I. y Goenechea Permisán, C. (2010). Estudio del sistema y funcionamiento de las aulas de enlace de la Comunidad de Madrid: de la normativa institucional a la realidad cotidiana. *Revista de educación*, 352, 473-493.

García Gómez, L. & Arroyo González, M. J. (2017). La formación del profesorado en Educación Intercultural: un repaso sobre su formación inicial y permanente. *Revista de Educación Inclusiva*, *7*(2), 127-142.

García Juan, G. & Arce Jiménez, C. (2018). La vulnerabilidad de los inmigrantes internacionales en situación administrativa irregular desde un enfoque jurídico. *Huellas de la Migración*, *2*(4), 47-64.

Gay, G. & Stone Hanley, M. (1999). Multicultural Empowerment in Middle School Social Studies through Drama Pedagogy. *The Clearing House*, 72 (6), 364-370.

Giroux, H. (1992). *Teoría y resistencia en educación. Una pedagogía para la oposición*. México: Siglo XXI.

Gorski, P. (2009). Intercultural education as social justice. *Intercultural Education*, 20(2), 87-90.

Gundara, J., & Jacobs, S. (Eds.). (2019). *Intercultural Europe: diversity and social policy*. New York: Routledge.

Guzmán Marín, F. (2018). Los Retos de la Educación Intercultural en el Siglo XXI. *Revista Latinoamericana de Educación Inclusiva*, *12*(1), 199–212.

Habib Allah, M. C. (2018). Principios inherentes a la mediación intercultural en la escuela. *Mediaciones Sociales*, (17), 47–66.

Hainmueller, J. & Hopkins, D. J. (2014). Public attitudes toward immigration. *Annual Review of Political Science*, *17*, 225-249.

Halualani, R. T. (2018). Demarcating the "critical" in critical intercultural communication studies. En A. Atay & S. Toyosaki (Eds.). *Critical intercultural communication pedagogy* (3-9). New York: Lexington Books.

Hernández Fierro, V. M. (2017). Vinculación con la comunidad, corazón de la universidad Intercultural. En *La educación ante los retos de una nueva ciudadanía: actas del XIV Congreso Internacional de Teoría de la Educación* (282–291). Murcia: Universidad de Murcia.

Hjerm, M., Johansson Sevä, I., & Werner, L. (2018). How critical thinking, multicultural education and teacher qualification affect anti-immigrant attitudes. *International Studies in Sociology of Education*, *27*(1), 42-59.

Injuve (Instituto de la Juventud). (2008). *Sondeo de opinión y situación de la gente joven (2ª encuesta 2008. Jóvenes e Inmigración)*. Observatorio de la Juventud en España: Madrid.

Jiménez Gámez, R. (2010) ¿Diálogo o confrontación de culturas en Ceuta?: un estudio de caso en un Instituto de Educación Secundaria. *Revista de educación*, 352, 431-451.

Kaltsounis, T. (1997). Multicultural Education and Citizenship Education at a Crossroads: Searching for Common Ground. *The Social Studies*, 88 (1), 18-22.

Karousiou, C., Hajisoteriou, C. & Angelides, P. (2019). Teachers' professional identity in super-diverse school settings: teachers as agents of intercultural education. *Teachers and Teaching*, *25*(2), 240-258.

Kenneth Galbraith, J. (1992). *La cultura de la satisfacción. Los impuestos, ¿para qué? ¿Quiénes son los beneficiarios?* Barcelona: Ariel.

Kincheloe, J.L. y Steinberg, S.R. (1999). *Repensar el multiculturalismo*. Barcelona: Octaedro.

Leeman, Y. & van Koeven, E. (2019). New immigrants. An incentive for intercultural education? *Education Inquiry*, *10*(3), 189-207.

Leyva, J. (2008). Interculturalidad, gestión de la convivencia y diversidad cultural en la escuela: un estudio de las actitudes del profesorado. *Revista Iberoamericana de Educación*, 46 (2), 1-14.

Leiva Olivencia, J. (2017). Luces y sombras en la construcción de una educación intercultural en tiempos de incertidumbre. *Modulema: Revista Científica Sobre Diversidad Cultural*, (1), 21–39.

López Belmonte, J., López-Meneses, E., Vázquez Cano, E., & Fuentes Cabrera, A. (2019). Avanzando hacia la inclusión intercultural: percepciones de los menores extranjeros no acompañados de centros educativos españoles. *Revista de Educación Inclusiva*, *12*(1), 331–350.

Löwy, M. (2015). Conservadorismo e extrema-direita na Europa e no Brasil. *Serviço Social & Sociedade*, (124), 652-664.

Maiztegui Oñate, C. (2008). *Ciudadanía y educación: de la teoría a la práctica*. Bilbao: Universidad de Deusto.

Maiztegui Oñate, C., Villardón Gallego, L., Navarro Lashayas, M. A., & Santibáñez Gruber, R. (2019). Hacia un enfoque de justicia social: la percepción del profesorado sobre la educación intercultural en contextos de escasa presencia de alumnado extranjero. *Educar*, *55*(1), 119–140.

Martín Rojo, L. (Dir.). (2003). *¿Asimilar o Integrar? Dilema ante el multilingüismo en las aulas*. Madrid: MECD-CIDE.

Martín Solbes, V. M., & Ruiz Galacho, S. (2018). La educación intercultural para una sociedad diversa. Miradas desde la Educación Social y la reflexión ética. *RES: Revista de Educación Social*, (27), 36–47.

Martínez, M. (1998). *El contrato moral del profesorado. Condiciones para una nueva escuela*. Bilbao: Desclée de Brouwer.

McCarthy, C. (1990). Race and education in the United States: the multicultural solution. *Interchange*, 21 (3), 45-55.

Moreno-Colom, S. & De Alós, R. (2016). La inmigración en España: ¿Una integración con pies de barro? *Política y sociedad*, *53*(2), 509-528.

Nash, M. (1999). Prefacio. En Kincheloe, J.L. y Steinberg, S.R. (1999). *Repensar el multiculturalismo* (9-17). Barcelona: Octaedro.

Nieto, S. (1997). School Reform and Student Achievement: A multicultural Perspective. En J. A. Banks y C. A. McGee Banks. (Eds.). *Multicultural Education. Issues and Perspectives* (230-255). London: Ally and Bacon.

Olmos Alcaraz, A. (2010). Construcción discursiva del alumno inmigrante extranjero en Andalucía: el otro en nuestras escuelas. *Revista de Educación*, 353, 469-493.

Orgaz Alonso, S. C. (2018). Emergencia del dispositivo deportador en Europa y su generalización en el caso español: representaciones y prácticas en torno a los Centros de Internamiento para Extranjeros (CIE). Tesis. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Retrieved from https://eprints.ucm.es/51665/

Osorio Vargas, J. (2016). Politización de la diversidad: la educación intercultural crítica desde los movimientos sociales que proyectan otros modos de vivir. *Revista Internacional de Investigación en Educación Global y para el Desarrollo*, 10, 163-172.

Osuna Nevado, C. (2012). En torno a la educación intercultural. Una revisión crítica. *Revista de Educación*, 358, 38-58.

Ortega Velázquez, E. & Mariño Menéndez, F. M. (2012). *Los derechos humanos de los trabajadores migrantes irregulares en el Derecho internacional y la práctica europea y americana*. Madrid: Universidad Carlos III. Tesis. Retrieved from https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/15738/elisa_ortega_tesis.pdf

Parker, W.C. (1996). "Advanced" Ideas about Democracy: Toward a Pluralist Conception of Citizen Education. *Teachers College Record*, 98 (1), 104-125.

Passiatore, Y., Pirchio, S., Carrus, G., Maricchiolo, F., Fiorilli, C., & Arcidiacono, F. (2019). Intercultural practices and inclusive education in Europe: can migration be a resource for individual and societal development? *European Journal of Psychology of Education*, *34*(1), 209-224.

Piñuel Raigada, J. L. (2002). Epistemología, metodología y técnicas del análisis de contenido. *Sociolinguistic Studies*, *3*(1), 1-42.

Popkewitz, T.S. (1988). *Paradigmas e ideología en investigación educativa*. Madrid: Mondadori.

Pries, L. (2018). Entre la bienvenida y el rechazo: la "Crisis de los refugiados" en Europa. *Polis*, *14*(2), 71-96.

Rodríguez Borges, R. F. (2017). Denotar, connotar, criminalizar la inmigración. Cómo los medios de comunicación hacen cosas con palabras. *Interdisziplinäre Studien zu Lateinamerika*, *Border Transgression*, 157-170. https://doi.org/10.14220/9783737007238.157

Rogero Anaya, J. (2019). Los discursos del odio y la educación. *Frente al discurso del odio, CONVIVENCIA*, 25, 5-15.

Romay Coca, J., & López De la Fuente, G. (2016). Reflexiones sobre pluralismo político y educación intercultural en las socedades democráticas contemporáneas. *Aposta: Revista de Ciencias Sociales*, (70), 132–154.

Rubio Gómez, M., Martínez Chicón, R., & Olmos Alcaraz, A. (2019). Formación universitaria, migraciones e interculturalidad en España: una revisión de la oferta educativa de los estudios de Grado de Educación Infantil, Educación Primaria, Pedagogía y Educación Social. *Revista de Sociología de La Educación-RASE*, *12*(2), 329–342.

Sabariego, M. (2002). *La educación intercultural ante los retos del siglo XXI*. Bilbao: Descleé.

Telleschi, T. (2017). Educación en valores para una convivencia intercultural menos conflictiva: perspectivas morales y religiosas. *Revista de Paz y Conflictos*, *10*(2), 41–63.

Terrón-Caro, M. T., Cárdenas-Rodríguez, R. & Rodríguez Casado, R. (2017). Educación intercultural inclusiva. Funciones de los/as educadores/as sociales en instituciones educativas. *Pedagogía Social: Revista Interuniversitaria*, (29), 25–40.

Udvari-Solner, A. & Thousand, J. (2018). Effective Organisational Instructional and Curricular Practices in Inclusive Schools and Classrooms. En C. Clark, A. Dyson & A. Millward. (Eds.). *Towards inclusive schools?* (147-163). London: Routledge.

Van Dijk, T. (2010). *Racismo y la Prensa: Análisis Crítico del Discurso*. Ponencia en el Auditórium del Edificio Centro de Innovación Docente de la Facultad de Filosofía y Humanidades de la Universidad Austral de Chile el 3 de enero de 2010.

Valle Franco, A. I.; Bolaños Arellano, R. A. & Rodríguez Estévez, F. (2018). Populismo penal y Lawfare en la Movilidad Humana. *Revista de la Facultad de Jurisprudencia RFJ*, 4, 1-33. https://doi.org/10.26807/rfj.v0i4.108

Velasco, M. y Díaz De Rada, A. (1997). *La lógica de la investigación etnográfica*. Madrid: Nona.

Vergara Fregoso, M., Rivera Moreno, G. & Méndez Sanz, J. A. (2019). Aspectos interculturales en los libros de texto gratuitos de primaria, en México. *Sincronía*, (75), 405–422.

Veugelers, W. (Eds.). (2019). *Education for Democratic Intercultural Citizenship*. La Haya: Brill Sense. DOI: https://doi.org/10.1163/9789004411944_001

Veugelers, W. & de Groot, I. (2019). Theory and Practice of Citizenship education. En W. Veugelers (Eds.). *Education for Democratic Intercultural Citizenship* (14-41). La Haya: Brill Sense.

Woodrow, D., Verma, G. K., Rocha-Trindade, M. B., Campani, G., & Bagley, C. (Eds.). (2019). *Intercultural education: theories, policies and practices*. New York: Routledge.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 18/10/2019
Aceitação/Acceptance: 25/12/2019

Proyecto glossaLab.edu: Integrando y Co-creando Aprendizaje Mediante Glosarios Interdisciplinares

Teresa Guarda[1,2], Enrique Javier Díez-Gutiérrez[3], José María Díaz-Nafría[4,5], Iván Coronel[1,2],Maria Fernanda Augusto[1,2], Carolina Lituma[1,2], Daniel Quirumbay[1,2]

tguarda@gmail.com, diaz-naf@hm.edu, mfg.augusto@gmail,com, icoronel@upse.edu.ec, lituma955@gmail.com, dquirumbay@upse.edu.e, ejdieg@unileon.es.

[1] Universidad Estatal Península de Santa Elena, Santa Elena, Ecuador.

[2] CIST – Centro de Investigación y Innovación en Sistemas y Telecomunicaciones, Universidad Estatal Peninsula de Santa Elena, Ecuador.

[3] Facultad de Educación, Universidad de León, España.

[4] Escuela de Ciencias Técnicas e Ingenierías, Universidad a Distancia de Madrid, España.

[5] Munich University of Applied Sciences, Department of General and Interdisciplinary Studies, Alemania.

Pages: 95–109

Resumen: Se describe el proyecto glossaLAB.edu destinado al desarrollo, en contextos educativos, de herramientas de clarificación conceptual. Dichas herramientas se orientan, a su vez, a la creación de destrezas y capacidades de integración de conocimiento interdisciplinar en dos ámbitos transdisciplinares: el estudio general de la información y el estudio general de sistemas, contribuyendo a robustecer dos pilares sobre los que se apoya la iniciativa internacional PRIMER, de promoción de metodologías interdisciplinares, que se describe sucintamente. El proyecto continúa el desarrollo—tanto en contenido como en funcionalidad—del "glosario-interdisciplinar" glossariumBITri elaborado desde 2009, y sienta las bases para la International Encyclopedia of Systems Science and Cybernetics Online. Alumnos y docentes de tres universidades europeas y latinoamericanas han participado en 4 niveles de actuación: técnico (o de desarrollo de la plataforma de elucidación conceptual), teórico (o de co-creación de contenidos), metateórico (o de evaluación de la integración de conocimiento basada en el análisis de redes semánticas) y organización (de gestión descentralizada de los grupos de trabajo interdisciplinares). Se detallan los resultados obtenidos en cada uno de estos niveles y las líneas de trabajo abiertas en las que éste se continúa actualmente..

Palabras-clave: Integración de conocimiento, interdisciplinariedad, estudio de la información, sistemas.

glossaLAB.edu Project: Integrating and Co-Creating Learning Through Interdisciplinary Glossaries

Abstract: The glossaLAB.edu project aimed at the development, in educational contexts, of tools for conceptual clarification is described. These tools are oriented,

in turn, to the creation of skills and capacities for the integration of interdisciplinary knowledge in two transdisciplinary fields: the general study of information and the general study of systems, contributing to strengthen two pillars on which the PRIMER international initiative (for the promotion of interdisciplinary methodologies, which is also succinctly described). The project continues the development—both in content and functionality of the "interdisciplinary-glossary" glossariumBITri, developed since 2009, and lays the foundation for the International Encyclopedia of Systems Science and Cybernetics Online. Students and teachers from three European and Latin American universities have participated in 4 activity levels: technical (or development of the platform of conceptual elucidation), theoretical (or co-creation of content), metatheoretical (or evaluation of the integration of knowledge based on the analysis of semantic networks) and organization (of decentralized management of interdisciplinary working groups). The results obtained in each of these levels and the open lines of work in which it is currently continued are detailed.

***Keywords**:* Knowledge integration, interdisciplinarity, information studies, systems science.

1. Introducción

Uno de los grandes problemas heredados de la conformación positivista del conocimiento, a lo largo de los siglos XVIII, XIX y XX, ha sido la fragmentación del mismo en una multitud de especialidades que se encuentran en grandes apuros para confrontar los grandes retos que acosan a nuestras sociedades y al mundo globalizado. Un número significativo de estos problemas exigen la consideración de realidades complejas que atraviesan los objetos de conocimiento de gran número de disciplinas; desde las ciencias naturales a las sociales pasando por las tecnológicas e incluso las artes. La confrontación de dichos retos se resiste a la subdivisión de los problemas en sub-problemas que puedan ser afrontados por las disciplinas especializadas de manera más o menos independiente. Se hace necesaria una colaboración intensa entre las disciplinas involucradas e incluso el desarrollo de enfoques integradores. Por esta razón desde las últimas décadas del siglo XX se han buscado estrategias de promoción de enfoques interdisciplinares y transdisciplinares que hagan posible una colaboración efectiva entre disciplinas de conocimiento (EURAB, 2004; EURAB, 2012; NAS, 2005).

1.1. Contexto del proyecto glossaLAB.edu

El proyecto glossaLAB.edu se desarrolla dentro del contexto de la iniciativa PRIMER (PRomoting Interdisciplinary Methodologies in Education and Research) de robustecer las capacidades de investigación interdisciplinar4. Esta iniciativa, que está sustentada por un consorcio de universidades y centros de investigación europeos y latinoamericanos, ha sido galardonada con el premio Accésit a la Innovación Educativa otorgado por el Consejo Social de la Universidad de León en 2017 y es candidata al programa Erasmus+/ Creación de Capacidades y Erasmus+/Asociaciones Estratégicas, de la Comisión de Europea). Tanto este proyecto circunscrito a actuaciones en tres centros, la Universidad de León, España, la Munich University of Applied Sciences, Alemania, y la Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador. En estos centros, como en el resto del consorcio, se ha constatado la necesidad de aumentar las capacidades de formación y de

investigación interdisciplinar como estrategia para fortalecer sus respectivos sistemas científicos. Según instituciones internacionales (UNESCO, OCDE, CE) se trata, en realidad, de una carencia que afecta al sistema mundial de conocimiento en su conjunto y respecto a lo cual dichas instituciones reclaman la necesidad urgente de desarrollar metodologías efectivas tanto para la creación de capacidades interdisciplinares como para valorarlas y asegurar su calidad (EURAB, 2004; EURAB, 2012; NAS, 2005; Primer, 2016) (Hainaut, 1986). El presente proyecto atiende esta necesidad local y global.

La estrategia PRIMER, propuesta para robustecer las capacidades de integración de conocimiento se funda en el triángulo de conocimiento representado en la figura 1. Este plantea la implicación entre disciplinas teórico-metodológicas de vocación integradora para facilitar la vertebración sistemática del conocimiento y de sus sujetos agrupadas en tres ejes:

- Ciencia de la información (CI), entendida como estudio interdisciplinar de la información, y como tal dedicada al análisis, manipulación y gestión de los fenómenos informacionales en todas sus manifestaciones, ya ocurran en sistemas físicos, biológicos, cognitivos, sociales o técnicos;
- Ciencia de sistemas (CS) (en sentido amplio e incluyendo la ciencia de complejidad y la cibernética) que aborda la realidad en sus aspectos relacionales, funcionales y evolutivos;
- Innovación social (IS) que centra su metodología en la incorporación de conocimientos y agentes a la resolución de problemas y necesidades sociales de un modo abierto y creativo.

En la figura 1 se esquematizan las relaciones funcionales existentes entre los tres ejes cuyas combinaciones binarias pueden expresarse a su vez en términos de tres modos de pensamiento: sistémico abierto (CS+IS), sistémico aplicado (CS+CI) y en red (CI+IS).



Figura 1 – Triángulo de conocimiento en el que se basa la integración de conocimiento planteado en la iniciativa PRIMER

1.2. Problemas de unificación en el estudio general de la información y el estudio general de sistemas

Uno de los principales problemas que afectan a los dos campos para los que se han desarrollado herramientas avanzadas de clarificación conceptual dentro del alcance inmediato del proyecto glossaLAB.edu (esto es, el estudio de la información y el estudio de los sistemas) atañen precisamente a la falta de unificación en conceptos fundamentales de sus respectivos espacios teóricos (Diaz-Nafria, 2010). Cómo se entiende información y sistema depende de las perspectivas que se adopten y de los compromisos teóricos que afectan a otros conceptos con los que los primeros están estrechamente relacionados, como dato, sistema, red, conocimiento, evolución, emergencia, etc., y esto afecta notablemente al modo en el que cada perspectiva trata un tipo de problemas u otros como los referentes a la veracidad, adaptación, cooperación, desigualdad, etc. En muchos casos se habla de lo mismo con terminologías diversas, en otras se están refiriendo aspectos diferentes de una misma realidad o realidades diferentes que a menudo quedan ocultas por las fronteras disciplinares. La posibilidad de unificar la comprensión tanto de la información como de los sistemas supone poner en claro qué diferencias existen en la comprensión de los diferentes conceptos involucrados. De este modo puede aspirarse a desarrollar comprensiones más unificadas y, en definitiva, aproximaciones teóricas que sean más capaces de referirse a realidades más completas lo que contribuye a espacios teórico con mayor capacidad de articular un abanico de conocimiento más amplio.

1.3. Actuales puntos de vista sobre la información: problemas de reducción conceptual

Como ha sido destacado con frecuencia, la Teoría Matemática de la Comunicación (TMC, originalmente plateada por C. Shannon en 1948), al centrar sus empeños en la determinación cuantitativa de la información, hace indistinguible su naturaleza cualitativa, haciendo para ello exclusiva referencia a los aspectos sintácticos de la información (Shannon, 1984; Floridi, 2015; Segal, 2011; Diaz Nafria, 2012; Capurro, 2009). Sin embargo, ésta difícilmente pudiera estar sólo referida a ese aspecto, sea cual sea la acepción que pretenda darse al término (a no ser que éste quedara restringido a lo que cuantifica la TMC, que a su vez no está sino referida a valores de incertidumbre de las señales empleadas en el proceso comunicativo). Un enfoque cualitativo pone en evidencia la esencialidad tanto de su componente semántico (según el cual las señales o símbolos considerados por la TMC han de estar necesariamente referidas a algo) como del pragmático (en virtud del cual la información es fundamento de la acción, ya sea por parte de actores intencionales, seres vivos o sistemas automáticos). Lo cual no supone simplemente ampliar los atributos o el detalle de la referencia, sino que también se traduce en una no menos importante limitación negativa, que obliga a dejar fuera lo que a nivel meramente sintáctico no podríamos discriminar.

Tal y como señalaran Machlup y Mansfield (Machlup & Mansfield, 1983), este carácter negativo puede ilustrarse considerando las exigencias que comúnmente se imponen a la acepción de información legítima en contextos humanos, donde se impone la necesidad de verdad, valor, novedad, sorpresa, reducción de incertidumbre. Lo cual tipificaría como no-informativos aquellos mensajes que, aun cumpliendo todas las exigencias del nivel

sintáctico, fueran falsos o incorrectos, inútiles, redundantes, esperados, fomentadores de incertidumbre, respecto a lo cual la TMC poco podría decir.

Por tanto, así desde la coherencia teórica antes discutida como desde la ampliación conceptual que se reclama desde diversos enfoques, ha surgido –desde que la TMC fuera formulada– toda una panoplia de alternativas y críticas que cabe tener en cuenta para discernir "a qué se está llamando información" y para atisbar "a qué podrá llamarse información" de modo que refleje los intereses en juego y que podamos llegar a entendernos, como es nuestro propósito.

Díaz Nafría ha abordado en varias publicaciones la diversidad de enfoques existentes en el estudio de la información de acuerdo a diversos criterios (Diaz-Nafria, 2010; Diaz Nafria, 2012). El estudio de dicha diversidad sirve al autor, por una parte, para evaluar las posibilidades de unificación conceptual y de reducción teórica (o más bien de eliminación de la redundancia teórica), por otra, para proponer el desarrollo de la clarificación conceptual que ulteriormente fue desarrollada por el equipo de investigación BITrum en términos de la herramienta hoy conocida como glossariumBITri (BiTrum, 2017).

Con una finalidad similar, pero dentro del campo del estudio general de sistemas, Charles François desarrolló junto a un equipo internacional de especialistas en ciencia de sistemas (en una empresa que atraviesa varias décadas) la Internacional Encyclopaedia of Systems and Cybernetics (IESC) (François, 2004). Actualmente el proyecto internacional glossaLAB, soportado por un consorcio internacional de instituciones científicas y académicas latinoamericanas y europeas, ha asumido el cometido de continuar su desarrollo (Díaz-Nafría, Guarda, Burgin, & Hofkirchner, 2019). Ambos desarrollos han confluido en la creación de una nueva plataforma basada en tecnología de MediaWiki que pretende albergar la clarificación conceptual en el estudio de la información y en el estudio general de sistemas. En ambos casos, se pretende mostrar la diversidad de puntos de vista existentes en la compleja red de conceptos empleados para el estudio general de la información y el estudio general de sistemas.

1.4. Herramientas de clarificación conceptual

Para profundizar en la clarificación teórica que persigue el glossariumBITri y la IESC que a su vez se orienta a romper las barreras disciplinares que bloquean la integración del conocimiento (tanto a nivel del sistema académico como a nivel del alumno en su proceso de aprendizaje), la presente acción ha perseguido la involucración de investigadores y estudiantes en dicho proceso. Desde la perspectiva del sistema académico se ha progresado así en la creación de una plataforma teórica capaz de traspasar con mayor facilidad barreras disciplinares y con ello de vertebrar coherentemente más conocimiento. Desde la perspectiva del alumno, éste ha podido navegar con mayor facilidad en la compleja red de conceptos usados en el estudio de la información y los sistemas, facilitando así el desarrollo de su propia red conceptual y el desplazamiento a través de diferentes campos científicos. Por otra parte, aquellos estudiantes e investigadores que han participado en el desarrollo técnico de la herramienta han tenido la ocasión de incrementar sus destrezas técnicas.

glossariumBITri: Glosario interdisciplinar de conceptos, metáforas, teorías y problemas en torno a la información. La actual plataforma interactiva del glossariumBITri (http://

glossarium.bitrum.unileon.es/), cuya página principal se representa en la figura 2, dispone de diversas herramientas de información, acceso a contenidos y coordinación editorial: (i) índices en castellano e inglés, cuadro de cambio recientes y una herramienta de búsqueda para facilitar la navegación; (ii) introducción al alcance, objetivos y metodología de la obra; (iii) manual de instrucciones respecto a la incorporación, modificación, corrección… de contenidos; (iv) libro de administración para el registro del trabajo realizado, y pendiente; (v) registro para la proposición de nuevas voces; (vi) apartado de novedades que incluye anuncios relevantes respecto al glosario. Su funcionalidad adolece, sin embargo, de varias limitaciones referentes a: dificultades de gestión de usuarios, limitaciones en la interactuación autónoma de usuarios; gestión manual de la revisión por pares; ausencia de anotación semántica; ausencia de una estructura de metadatos relativos al proceso de clarificación conceptual; ausencia de herramientas para el análisis de red semántica; ausencia de herramientas avanzadas para la visualización de contenidos y de la red conceptual. La presente acción se ha dirigido a superar estas limitaciones mediante el desarrollo de una nueva plataforma basada en tecnología de MediaWiki que dé respuesta a estos problemas.



Figura 2 – Página principal de la plataforma original del glossariumBITri-interactivo

1.5. El reto de la cualificación de la integración de conocimiento

Uno de los problemas destacados en el apartado anterior y que se ha abordado en el proyecto concierne a la evaluación de la interdisciplinaridad (o la integración de conocimiento). Como destacan diversas instituciones internacionales un problema fundamental para el afianzamiento de los estudios y las aproximaciones interdisciplinares

se encuentra en la ausencia de criterios para cualificarlo y evaluar su calidad en cuanto a capacidad de integración de conocimiento (EA-FBE, 2008; EC, 2009; EURAB, 2004; EURAB, 2012; Frodeman, Klein, & Mitcham, 2010). Por esta razón, apelan al desarrollo de metodologías que permitan dicha cualificación. La presente acción pretende encontrar aportar una solución novedosa a este problema valorando, por una parte, la diversidad de conocimiento integrado y, por otra, la densidad de la integración lograda. Se muestra en el cuadro 1 la metodología que ha sido adoptada por glossariumBITri y glossaLAB, la cual ha sido presentada y discutida en varias publicaciones (Díaz-Nafría J.M., Guarda T. & Coronel I. , 2018, Díaz-Nafría, Burgin, & Rodríguez-Bravo, 2019). Su aplicación, supone, para el primer aspecto, el empleo práctico de la teoría Shannoniana de la información (dando así ocasión a los estudiantes en su aprendizaje) y, para el segundo aspecto, la aplicación de la teoría de redes, que en sí misma supone una estrategia teórica de gran alcance para el estudio de interacciones complejas.

2. Proyecto glossaLAB.edu

El proyecto glossaLAB.edu, de innovación educativa, se inició en 2017 y hasta la fecha se ha desarrollado en dos fases o sub-proyectos, encontrándose actualmente en su segunda fase. Como se indicó más arriba, ambas fases han estado acompañadas de sendos proyectos de investigación y desarrollo, desarrollándose en glossaLAB.edu los componentes educativos de lo que puede considerarse un programa más amplio de desarrollo de herramientas de clarificación conceptual en contextos de investigación y educación interdisciplinar. Se presentan aquí los objetivos, metodologías y resultados obtenidos en la primera fase del proyecto glossaLAB.edu entre 2017 y 2018.

2.1. Objetivos

El proyecto ha respondido al objetivo general de desarrollo dentro del ámbito educativo de la clarificación conceptual ligada a los glosarios interdisciplinares interactivos como herramienta para la integración de conocimiento en el estudio interdisciplinar de la información y el estudio general de sistemas. Éstos dan continuidad al glossariumBITri-interactivo y a la Internacional Enciclopaedia of Systems and Cybernetics. Así mismo, se pretendía que sirvieran de base para el desarrollo de otros glosarios-interdisciplinares como herramienta teórico-metodológica para la integración del conocimiento y la evaluación de los resultados de integración científica.

A su vez, dicho objetivo se descomponía en los siguientes objetivos específicos: (1) Desarrollo del glossariumBITri interactivo basado en tecnología de MediaWiki; (2) Cobertura de las actividades de edición y de gestión del glossariumBITri, (3) Cobertura de la clarificación conceptual dentro del marco de actividades docentes y científicas, (4) Aplicación y desarrollo del sistema de clarificación conceptual para el desarrollo interactivo de la Encyclopaedia of Systems Science and Cybernetics Online (ESSCO).

2.2. Descripción de la experiencia

Ámbito de intervención. Las acciones se han dirigido, por una parte, a las áreas de Educación y Ciencias de la información y la documentación de la Universidad de León (ULE), España, en las que participaron 94 alumnos y alumnas; el de ingeniería

de sistemas de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), Ecuador, habiendo participado un grupo de 4 alumnos implicados en desarrollo de la plataforma y herramientas específicas; y al área de Estudios Interdisciplinares de la Munich University of Applied Science (MUAS), Alemania, en el que participaron 25 alumnos. Por otra parte, la acción se dirigió también a la comunidad científica internacional activamente vinculada al estudio interdisciplinar de la información y a la ciencia de sistemas a través de: BITrum-Grupo de Investigación (BITrum, España), la International Society for Information Studies (IS4SI, Austria), el Bertalanffy Center for the Study of Systems Science (BCSSS, Austria) y la International Academy for Systems and Cybernetics Sciences (Austria). En suma, la población estudiantil participante fue de 123 estudiantes y la de investigadores-docentes 24.

3. Metodología

Se distinguen 4 niveles diferentes actuación en el proyecto: a) desarrollo técnico de la plataforma, b) nivel teórico de elucidación de conceptos, c) nivel metateórico de evaluación de la integración llevada a cabo en el nivel teórico, d) gestión de los grupos de trabajo distribuidos.

a. A nivel técnico, el desarrollo de la plataforma y nuevas herramientas para la anotación semántica y gestión de la co-creación de conocimiento ha compaginado el mantenimiento de la plataforma anterior de glossariumBITri en funcionamiento desde 2009 con el desarrollo de una nueva plataforma basada en tecnología MediaWiki. La creación de nuevos contenidos se ha seguido realizando en la plataforma ya existente a la par que se ha trabajado en el desarrollo de la nueva plataforma. Para esto último se han instalado y adaptado herramientas disponibles de MediaWiki en los servidores de la Universidad Estatal Península de Santa Elena con una estructura de respaldo de contenidos en línea y replicación de la plataforma (producción y desarrollo) para la instalación y adaptación de nuevas funcionalidades.
b. A nivel teórico, la metodología seguida para la clarificación conceptual es objeto de la sección metodológica del glossariumBITri-interactivo: http://glossarium.bitrum.unileon.es/instrucciones-para-autores-y-editores. Para la participación de los estudiantes, los docentes trabajaron contenidos con los alumnos en el aula y estos elaboraron contenidos mediante edición colaborativa en línea supervisada y guiada por el docente.
c. A nivel metateórico, para la evaluación de la calidad de la integración científica (o intensidad de interdisciplinariedad) la metodología se describe en el cuadro 1. Esta incluye dos análisis la cualificación de la diversidad disciplinar, que exige una categorización de dominios de conocimiento del glossariumBITri, y la medida de la integración del conocimiento clarificado basado en el análisis de la red de semántica de conceptos clarificados. Para esta última se ha usado la herramienta informática de lingüística computacional «KH Coder» (que permite analizar la red semántica en términos de los nexos semánticos observados en los textos a partir de las distancias de adyacencia en las frases) aplicada a los textos en los que se desarrolla la clarificación conceptual (depurados para evitar la interferencia de elementos que carezcan de valor para la clarificación

conceptual). En otras contribuciones los autores ofrecen una descripción detallada de esta metodología (Díaz-Nafría J.M., Guarda T. & Coronel I. , 2018, Díaz-Nafría, Burgin, & Rodríguez-Bravo, 2019).

d. A nivel organizativo, La estructura de gestión de los equipos operativos ha seguido el modelo de sistema viable25, haciendo que: 1) la gestión y coordinación de los equipos esté centralizada en la ULE, 2) la planificación corresponda a un equipo de representantes de cada equipo operativo y 3) en asamblea (convocada en línea y en la que han podido participar todos los docentes e investigadores implicados) se han adoptado las directrices generales y la base reguladora de la acción conjunta.

4. Resultados

4.1. Actividades

El desarrollo de actividades se ha movido igualmente en los anteriores niveles de actuación: desarrollo, elucidación, análisis de la integración de conocimiento y gestión del trabajo interdisciplinar. En el primero de ambos campos la UPSE en colaboración con León y mediante la participación de un grupo de estudiantes de la facultad de sistemas de la universidad santaelenense se desarrolló la plataforma actualmente operativa en tecnología MediaWiki con la estructura de redundancia mencionada en el apartado anterior. Por otra parte, mediante colaboración con los centros de investigación antes mencionados se realizó un diseño tanto de la Encyclopaedia of Systems Sciences and Cybernetics Online y se inició la conversión en XML de los contenidos originales de la enciclopedia de C. François. A nivel teórico, se trabajó con varios grupos de alumnos la generación de nuevos contenidos, principalmente en la Universidad de León (en la facultad de educación) y en la Universidad Politécnica de Munich.

A nivel metateórico varios docentes-investigadores participantes (de Munich, León y Santa Elena) realizaron un análisis de resultados empleando teoría de redes que fue publicado en dos artículos indexados19,20. Finalmente, a nivel de gestión el equipo de trabajo, en colaboración con estudiantes, creó una plataforma de gestión integrada con el glossariumBITri que continua operativa en la segunda fase del proyecto.

4.2. Productos

De acuerdo a los niveles de actuación referidos anteriormente, se describen algunos de los logros obtenidos en dada uno de ellos.

a. A nivel de desarrollo técnico, la nueva plataforma quedó operativa con una apariencia como la ilustrada den la figura 3 para la página 3 de la plataforma en inglés, integrada con la de español en virtud de la incorporación de la funcionalidad de multilingüismo. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, no se procedió al transvase de contenidos ya que esto requería la congregación de mayores recursos humanos por parte del Centro Bertalanffy. No obstante, se procedió al diseño de la plataforma ESSCO basada en la nueva plataforma desarrollada para el glossariumBITri. En la sección 5 se describen los resultados de los diseños elaborados a nivel técnico para el desarrollo de ESSCO que corresponden a una fase ulterior de desarrollo.

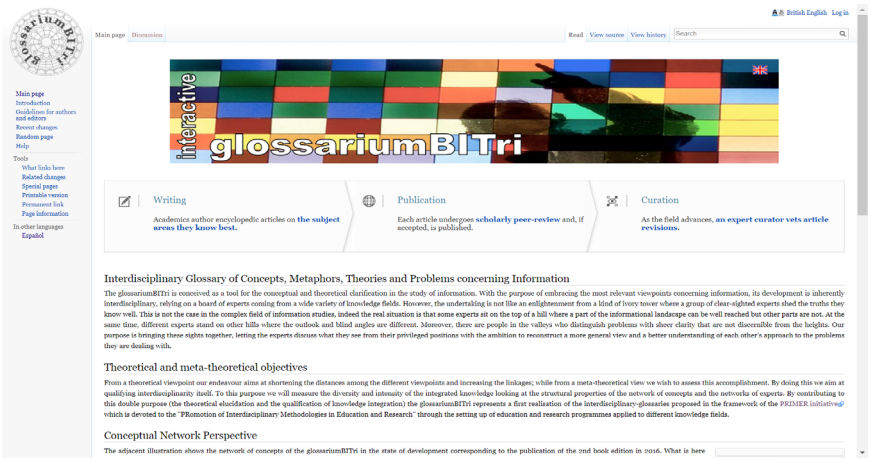


Figura 3 – Página principal de la nueva plataforma del glossariumBITri basada en tecnología MediaWiki

b. A nivel teórico se trabajó en diferentes áreas temáticas. En la facultad de educación de León estos se centraron en contenidos vinculados al ámbito educativo que se consolidaron en 3 artículos desarrollados dentro del tres asignaturas: (i) Educación intercultural, que supone una nueva voz incorporada al glossariumBITri; (ii) Educomunicación, que supone una contribución a una voz existente pero vacía; (iii) Mapas conceptuales, que supone una contribución a una voz pre-existente sobre la que se proponen cambios.

La figura 4 ofrece una visión parcial de la página en la que se vertieron contenidos en la voz de Educomunicación. Se puede apreciar en la columna de la derecha la interacción con coordinadores editoriales incluidas mediante comentarios de diferente color, tamaño de letra pequeño y limitación con corchetes.



Figura 4 – Visión parcial de los contenidos vertidos en Educomunicación en ULE

En la Munich University of Applied Science (MUAS) los contenidos fueron vertidos en el contexto de las asignaturas mencionadas anteriormente, e implicando las siguientes áreas de conocimiento: biología (generando 3 nuevas voces), epistemología (generando 3 nuevas voces y 2 contribuciones a voces ya existentes), ética (generando una nueva voz), ontología (generando una nueva voz). Las voces correspondientes fueron: en biología: genetic information; transcription; translation; en epistemología: perception, observation, constructivusm, knowledge; en ética: privacidad; en ontología: realidad. Se trabajó así mismo en otras áreas en las que no acabaron consolidándose contenidos. La figura 5 corresponde a una visión parcial de una de las voces elaboradas en MUAS.

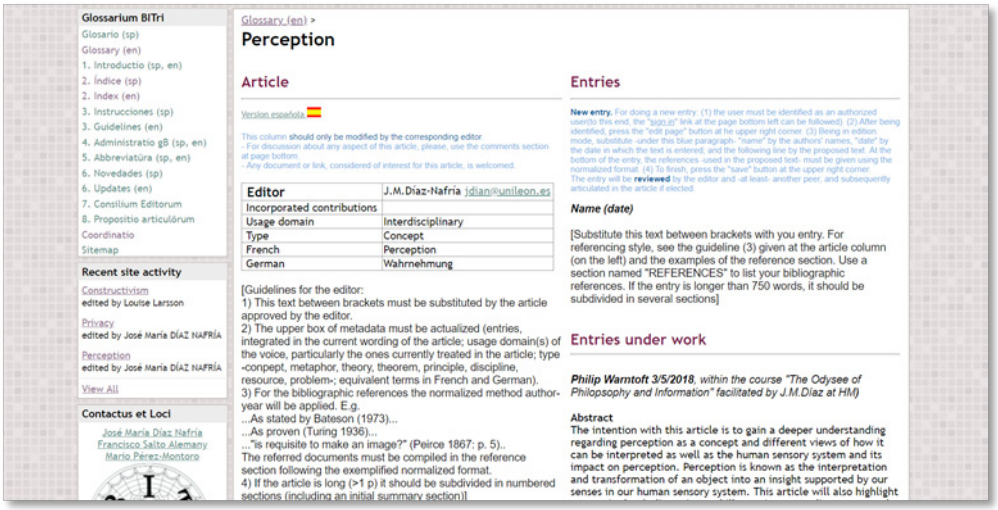


Figura 5 – Visión parcial de los contenidos elaborado en la voz "Perception" en MUAS

c. A *nivel meta-teórico* se elaboró el análisis de integración de conocimiento sustanciado en las publicaciones que se adjuntan. Se puede considerar que se trata también de un resultado a este nivel la incorporación de nuevos miembros al comité editorial y científico del glossariumBITri, en la medida que esto robustece las capacidades de elucidación interdisciplinar. En términos de red de actores de conocimiento, este resultado supone un robustecimiento de la red en cuanto a nº de nodos y en cuanto a dominios de conocimiento al incorporar nuevas disciplinas, en particular en ciencias de la vida cuya representación era débil, y al robustecer otras disciplinas.
d. A nivel organizacional, para el soporte de la organización de los grupos de trabajo de acuerdo al Modelo de Sistema Viable, se desarrolló en León la plataforma de gestión operativa reflejada (en su página principal) en la figura 7. Esta plataforma incluye herramientas de: convocatoria de actividades, registro de actividad, registro de incidencias, registro de necesidades, registro de actas de reunión y acuerdos, foro, calendario, documentación, acceso a espacios en línea vinculados, y contactos de personal involucrado.



Figura 6 – Notificación de incorporación de nuevos miembros científicos con los que se robustece la red agentes participantes en la elucidación conceptual

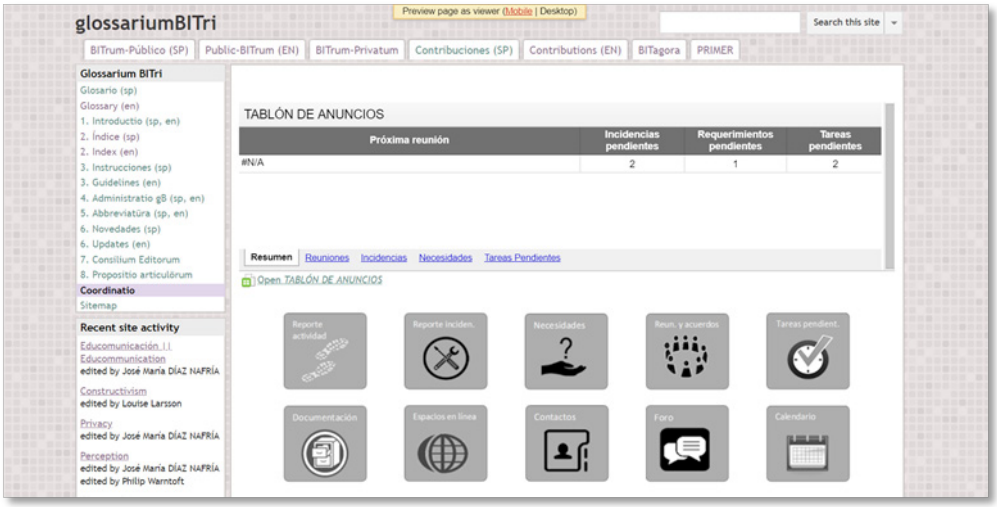


Figura 7 – Página principal de la plataforma de gestión del trabajo distribuido desarrollada

5. Conclusiones

A modo de conclusión de los resultados antes presentados, y distinguiendo los 4 niveles de desarrollo antes referidos, puede realizarse la siguiente valoración:

a. Al nivel de desarrollo técnico, se han logrado notables avances, logrando las funcionalidades originalmente planteadas. En particular: anotación semántica, multilingüismo, categorización de contenidos, curación de contenidos según requerimientos de revisión por pares y mecanismos de conversión automática de contenidos a XML. No obstante, la puesta en operación de la plataforma a nivel de contenidos no pudo concluirse por la falta de soporte del Centro de Bertalanffy (lo cual no era objetivo específico del proyecto glossaLAB.edu, sino de confluencia con el desarrollo previsto por la organización austriaca. A este nivel fue notable la implicación y frutos de los estudiantes de la facultad de sistemas de la UPSE dirigidos por los docentes Iván Coronel y Daniel Quirumbay.
b. A nivel teórico o de desarrollo de la elucidación interdisciplinar, la falta de desarrollo por parte del Centro Bertalanffy antes mencionada se tradujo en una generación de contenidos menor de la inicialmente prevista –por transferencia de las fuentes IESC, Principia Cybernetica y glossariumBITri. Sin embargo, eso no perjudicó los resultados obtenidos en el ámbito de aplicación de la elucidación interdisciplinar a nivel educativo donde se cumplieron los objetivos de alcance de población objetivo, alcanzando la participación de 123 estudiantes y 24 investigadores-docentes.
c. A nivel metateórico los resultados publicados (Díaz-Nafría, Guarda, & Burgin,2019, Díaz-Nafría, Burgin, & Rodríguez-Bravo, 2019) exceden los objetivos inicialmente plateados que preveían una única publicación.
d. A nivel organizacional, se han cumplido los objetivos previstos.

La falta de desarrollo por parte del Centro Bertalanffy se ha completado con un diseño de la plataforma de la Encyclopaedia of Systems Scienecs and Cybernetics Online (ESSCO) y del flujo de gestión de contenidos que incluye un ambicioso proyecto científico y editorial para el que se han presentado varias propuestas a organismos de financiación pública internacional. Actualmente dicho desarrollo constituye el núcleo del proyecto internacional glossaLAB (Díaz-Nafría, Guarda, Burgin, & Hofkirchner, 2019).

Referencias

BiTrum. (2017). *glossariumBITri: Glosario interdisciplinar de conceptos, metaforas, teorías y problemas en torno a la información*. León: BITrum-Grupo de Investigación. Retrieved from ttp://glossarium.bitrum.unileon.es/

Capurro, R. (2009). Past, present, and future of the concept of information. *TripleC, 7(2)*, 125-141.

Diaz Nafria, J. (2012). Information a multidimensional reality. (E. C. (eds.), Ed.) *System Science and Collaborative Information System: Theories, Practices and New Research*, 37-80. doi:10.4018/978-1-61350-201-3.ch003

Diaz-Nafria, J. (2010). What is information? A multidimensional concern. *TripleC, 8(1)*, 77-108.

Díaz-Nafría, J., Burgin, M., & Rodríguez-Bravo, B. (2019). Evaluation of Knowledge Integra-tion through Knowledge Structures and Conceptual Networks. *Philosophy and Methodology of Information*, 457-489. doi:0.1142/9789813277526_0021

Díaz-Nafría, J., Guarda, T., Burgin, M., & Hofkirchner, W. (2019). glossaLAB: Co-Creating Interdisciplinary Knowledge. In *Science, ICAI 2019. Communications in Computer and Information* (Vol. 1051, pp. 423-437). Springer, Cham. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-030-32475-9_31

EA-FBE. (2008). *Thinking Across Disciplines – Interdisciplinarity in Research and Education*. Copenhagen: Danish Business Research Academy (DEA) & Danish Forum for Business Education.

EC. (2009). *New societal challenges for the European Union – New challenges for social sciences and humanities. Thinking across boundaries – Modernising European Research*. Luxembourg: Publication Office of the EU. .

EURAB. (2004). *European Research Advisory Board – EURAB (2004). Interdisciplinarity in Research. Final Report [Internet]*. Bruselas: European Commission: European Research Advisory Board (EURAB). Retrieved August 2019, from http://ec.europa11.eu/research/eurab

EURAB. (2012). *European Research Advisory Board – EURAB (2012). The new Renaissance: will it happen? Innovating Europe out of the crisis*. Brussel: Third and Final Report of the European Research Area Board. Retrieved from http://ec.europa.eu/research/erab/pdf/3rd-erab-final-report_en.pdf

Floridi, L. (2015). *Semantic Conceptions of Information*. Stanford Encyclopedia of Philisophy, Edición electrónica en Internet. Retrieved from http://plato.stanford.edu/entries/information-semantic/

François, C. (2004). *Internacional Enciclopaedia of Systems and Cybernetics*. Munich: K.G. Saur, Munich.

Frodeman, R., Klein, J., & Mitcham, C. (2010). *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity*. Oxford, UK: Oxford University Press.

Hainaut, L. d. (1986). *Interdisciplinarity in General Education*. Paris: UNESCO.

Machlup, F., & Mansfield, U. (1983). *The Study of Information. Interdisciplinary Messages*. New York: Wiley.

NAS. (2005). *National Academy of Science. Facilitating Interdisciplinary Research. National Academy of Sciences (NAS), National Academy of Engineering (NAE) and Institute of Medicine (IM)*. Washington: The National Academies Press.

Primer. (2016). *4. Primer.unileon.es [Internet]. León, España: PRIMER: PRomoting Interdisciplinary Methodologies in Education and Research*. León: Primer.unileon.es. Retrieved from http://primer.unileon.es

Segal, J. (2011). *Le Zéro et le Un. Histoire de la notion scientifique d'information*. Paris: Editions Matériologiques.

Shannon, C. E. (1984). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal, 27*, 379–423. doi:https://doi.org/10.1145/584091.584093

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 23/10/2019
Aceitação/Acceptance: 28/12/2019

Las Tecnologías de Apoyo en la Smart City desde un Enfoque Social

Manuel García-Ortiz[1], Isaac Seoane-Pujol[2], Teresa Guarda[3,4]

manuelgarciaortiz@gmail.com, isaac.seoane@udima.es, tguarda@gmail.com

[1]Confederación Española de Personas con Discapacidad Física y Orgánica (COCEMFE), Madrid, España

[2]Universidad a Distancia de Madrid (UDIMA), Collado Villalba, España

[3]Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, Ecuador

[4] CIST – Centro de Investigación en Sistemas y Telecomunicaciones, UPSE, La Libertad, Ecuador

Pages: 110–120

Resumen: La ciudad ha sido a lo largo de la historia protagonista de la construcción de los derechos de las personas, desde la filosofía griega a las smart cities, y un lugar donde podemos observar el cambio de paradigma que se ha operado. Las tecnologías de apoyo y la accesibilidad universal deben dar lugar a productos y servicios diseñados para el mayor rango de diversidad humana posible o, de lo contrario, acabaremos continuando con la tradición de un modelo médico o caritativo que deseamos superar.

Palabras clave: accesibilidad; diseño universal; ciudad inteligente; derechos humanos.

Enabling and assistive technologies for smart cities from a social point of view.

Abstract: The city has been throughout the main history of the construction of people's rights, from Greek philosophy to smart cities, and a place where we can observe the paradigm shift that has been operated. Supporting technologies and universal accessibility must lead to products and services designed for the widest possible range of human diversity, or else we will end up with the tradition of a medical or charitable model that we want to overcome.

Keywords: accessibility; universal design; smart city; human rights

1. Introducción

Solemos hablar de distintos modelos para referirnos a los paradigmas, a las visiones del mundo, bajo las que han vivido las personas con discapacidad a lo largo de la historia. Un modelo es, en esencia, una descripción de un sistema, una representación abstracta de una realidad compleja. En definitiva, una forma de explicar una serie de relaciones (Puig de la Bellacasa, 1990).

Los modelos de la discapacidad podrían caracterizarse como conjuntos de prácticas sociales relacionadas con una determinada visión del papel que deben ocupar en la sociedad las personas con discapacidad. Los modelos se plasman en instituciones, leyes, conductas, expectativas, sistemas de enseñanza, etc. Se reflejan en la teoría filosófica y científica de cada época, en las políticas, en la representación en el arte de la persona con discapacidad, en el sistema educativo que se emplea o se deja de emplear. En definitiva, es una parte de la "visión del mundo" de cada momento y el lugar en que queda reflejada situación vital de las personas con discapacidad.

Hay una relación estrecha entre la visión de un grupo social, las prácticas sociales que se vinculan a las relaciones con estas personas, las leyes que reflejan estas prácticas sociales, las creencias y teorías del mundo que justifican el papel asignado en la sociedad a cada cual. En definitiva, todo forma parte de una misma cosmovisión, de un paradigma que en cada época se identifica con la "realidad" y desde cuyas categorías es difícil pensar de otra manera cuando esa realidad se contempla desde dentro (Casado, 1991).

Hemos transitado a lo largo de la historia desde un primer modelo originario basado en "prescindir" de este grupo social.El modelo de prescindencia considera que las personas que se apartan, como personas con discapacidad, de la norma general en lo que se refiere a sus funciones y estructuras corporales son una "carga" para la sociedad. Se trata de una visión del mundo que desde un enfoque eugenésico o caritativo las excluye. Por lo que sabemos en las culturas clásicas y antes a menudo a las personas con discapacidad se las mataba, recluía, marginaba o simplemente ignoraba (Palacios, 2008).

Este modelo era justificado a menudo, bien desde creencias supersticiosas, bien desde una determinada filosofía política utilitarista. El enfoque podía ser más o menos cruel o más o menos caritativo, pero la persona con discapacidad no era tenida en cuenta más que como una carga a afrontar.

A este modelo de "prescindencia", sea en su versión caritativa o directamente "negadora" de las personas le sucedió un modelo "médico- rehabilitador", aún no totalmente superado. En ese sentido no podemos decir que aún percibimos el mundo, como sociedad en nuestro conjunto, desde un modelo social de la discapacidad, sino que estamos en un proceso de cambio en el que aún perviven y se utilizan otros enfoques. Vivimos una época de transición en la que se superponen diferentes visiones del mundo.

El propio concepto de "persona con discapacidad" es muy reciente (Vazquez-Barquero, 2001), aunque existen otros análogos que eran empleados anteriormente y que podemos identificar con éste. En cualquier caso, debemos entender que se refieren a una característica de las personas, a una "condición" que se consideraba parte de ellas y no a una "situación". Hoy en día entendemos esta situación de la persona como la relación existente entre las posibles diferencias en estructuras y funciones corporales e intelectuales al interactuar con un determinado entorno físico y social y las barreras y obstáculos que pueden impedir la participación plena y efectiva en igualdad de condiciones con el resto.

La comprensión de que esta situación de desventaja no es algo intrínseco al individuo, sino que viene causada por la relación entre la persona y el entorno, que se trata más de una "situación" que de una "condición", no ha estado presente en los modelos

precedentes y es en buena medida la clave del modelo social de la discapacidad centrado en los derechos del grupo social.

2. De la polis griega a la smart city

La ciudad griega, la polis, es el origen de gran parte de lo que consideramos nuestra Civilización Occidental.

Alrededor de las póleis griegas surge gran parte de nuestro entorno cultural actual. Encontramos la aparición de constituciones políticas novedosas, hay un paso del pensamiento basado en el mito al pensamiento basado en la razón, las primeras formas de democracia, un gran desarrollo del comercio marítimo que puso en contacto a los griegos con otros pueblos, culturas y creencias. En cierto sentido, nuestro mundo actual no se entendería sin la polis y es sin duda heredero directo de la ciudad griega.

Las polis eran unidades políticas autónomas, surgidas en torno al siglo VIII a. C. que se ligaban a otras ocasionalmente, sobre todo frente a amenazas exteriores, pero esencialmente eran políticamente independientes y de una dimensión "humana", donde habitaban unos miles de personas y donde se podían abarcar la casi totalidad de las formas de relación social.

Del análisis de estas relaciones sociales, de aquellas que parecían apropiadas a la convivencia, la filosofía griega y, sobre todo, Aristóteles, extrae la noción de "justicia", que los romanos traducirán como "ius", derecho. Las relaciones justas son aquellas que "dan a cada cual lo que le corresponde"(Villey, 1976)

Este modelo médico supuso en muchos aspectos un retroceso en la autonomía y en los derechos de las personas con discapacidad. Desde el cientificismo en ningún momento se planteaba como algo a tener en cuenta un enfoque desde los derechos. Únicamente y en el mejor de los casos "actuar en su beneficio" o, aún peor, "en el de la sociedad en su conjunto". A mediados del siglo XX se alcanzaron cotas de ignominia en este sentido en países supuestamente civilizados y avanzados que, en nombre de la ciencia, practicaron el encarnizamiento terapéutico, experimentos, asesinatos, abortos no consentidos y esterilizaciones de forma generalizada bajo el amparo y la legitimación de médicos y legisladores y en nombre de la eugenesia y el progreso científico. Estos terribles acontecimientos fueron juzgados y dados a conocer en los juicios de Núremberg, pero no estuvieron circunscritos al III Reich, sino a otros muchos países occidentales, incluidos los democráticos (Lifton, 1984).

En definitiva, el modelo médico busca que la persona sea "normalizada", llevarla hasta donde sea posible hacia lo estándar y normativo. En la medida en que fracasa el proyecto de normalización, el modelo médico-psiquiátrico no puede encontrar otra alternativa que no tenga un enfoque cientificista. Donde las personas no se "adaptan", se las somete a "tratamiento" sin su consentimiento en nombre del superior interés de la ciencia o simplemente se las deja al margen recluyéndolas en una institución.

La idea de un enfoque de derechos se abrirá paso muy lentamente a lo largo de la segunda mitad del siglo XX y aún del XXI.

3. La accesibilidad universal

Ya desde el registro fósil, y en culturas antiguas con un amplio desarrollo de la medicina, como era el caso del Egipto faraónico, encontrábamos numerosos ejemplos de adaptaciones, prótesis, productos de apoyo, soluciones para ayudar a "compensar" la situación de desventaja de la persona con discapacidad.

En el Palacio de Yuste encontramos una rampa con suave inclinación a la entrada, construida ex profeso para facilitar el acceso al emperador Carlos I. Su propio hijo, Felipe II, fue el primer usuario que conozcamos de una silla de ruedas moderna fabricada con la intención de transportar a una persona, aunque tenemos constancia de otros productos de apoyo similares anteriores que tenían la misma finalidad.

A mediados del siglo XIX se hace la primera patente de silla de ruedas, se desarrolla el código Braille, se estandarizan y difunden las lenguas de signos. Durante la primera mitad del siglo siguiente aparecen los perros de asistencia, se desarrollan todo tipo de soluciones para personas con discapacidad. Son apoyos y "ayudas técnicas" enfocadas al individuo para ayudarle en las actividades de la vida diaria que pasan muchas veces del hospital al hogar y de ahí a la calle y que permiten acceder a las personas con discapacidad en mayor medida a su entorno sin que, en ningún momento, el entorno haya cambiado para ser más accesible. Se trata de "adaptar la persona al entorno", pero es después de la Segunda Guerra Mundial que se empieza a comprender que también es necesario "adaptar el entorno a las personas".

En 1974, la "Reunión del Grupo de Expertos sobre el Diseño Libre de Barreras" celebrada en Nueva York, establece la necesidad de la eliminación de barreras físicas. El funcionalismo escandinavo de los años 50 y la idea de ergonomía arquitectónica de los años 60, llevó a que a finales de los años 70 el gobierno sueco desarrollara el concepto de "Una Sociedad para Todos", un antecedente que va dando lugar a la idea actual de accesibilidad universal, primero en la arquitectura, posteriormente, en todo tipo de productos y servicios.

La idea que subyace a este cambio es diseñar, desde el inicio, todos los espacios, todos los productos y servicios, para el mayor rango de diversidad humana posible. Incidir, en esa relación de la persona con el entorno. Entendiendo que es el entorno lo resulta discapacitante para la persona, se pone el acento en éste. No se trata de abandonar la tecnología de apoyo, sino que las soluciones individuales más habituales se universalicen y se utilicen para que distintas personas accedan de forma diferente a una misma realidad. Ya sea ésta una diferencia de altura en un edificio o un material didáctico, en un caso estaremos hablando de diseño universal aplicado a la edificación y, en el otro, al aprendizaje.

3.1. El diseño centrado en la persona

En buena medida hoy en día vivimos en un mundo diseñado para el "usuario medio" y la discapacidad, como señala la Organización Mundial de la Salud en la CIF, es una condición que se produce en una interrelación de la persona con su entorno. Es la situación que resulta por la forma en que las estructuras y funciones corporales y mentales inciden en la participación y en la forma de involucrarse en situaciones vitales por parte de los seres humanos.

Con respecto a este usuario medio, varón, de estatura y peso medio, sin discapacidad, con ingresos medios, con un nivel sociocultural medio, blanco, con 1,5 hermanos y 1,3 hijos (0,6 varón y 0,7 mujer…), podemos concluir que realmente es un ser inexistente, tan mitológico como un dios olímpico. Las personas que no son "el usuario medio" son una abrumadora mayoría si no la totalidad de la humanidad. La realidad es, siempre ha sido y siempre será afortunadamente, la diversidad humana. La diversidad es una parte de la condición humana y todos los productos dirigidos, pensados desde un principio, para ese inexistente usuario medio, único e inmutable como un arquetipo platónico habitante del mundo de las ideas, deja fuera de su diseño a una buena parte de la población.

Los asientos de los transportes suelen ser muy altos, muy bajos, muy estrechos, con poca distancia para las piernas. La barra que hay en muchos trenes o autobuses está muy alta para aferrarse o tan baja que es fácil golpearse la frente con ella pero, muy a menudo, aunque no sea así, pensada para una sola altura posible.

Las personas se adaptan a esa media impuesta que no tiene en cuenta la diversidad humana de la mejor manera posible. En la mayoría de las ocasiones, a la mayoría de las personas no les supone mayor problema. Para muchas supone un esfuerzo, un forzarse a las circunstancias que no llegan ni a percibir conscientemente al ser algo casi constante.

Como en una curva de una distribución normal, según nos apartamos del centro, va apareciendo un significativo porcentaje de personas que quedan fuera de la posibilidad de adaptarse, que están excluidas del uso de los productos pensados "para otros". La persona en esta situación suele culpabilizarse a ella y a su diferencia. Demasiado alto, demasiado gordo, demasiado zurdo, demasiado discapacitado para lo "normal". La sociedad con los estándares medios (y mediocres) crea una conciencia de "anormalidad" en cualquiera que se aparta demasiado de la media estadística.

El primer paso que se da desde la búsqueda de soluciones para situación de discapacidad es la utilización de una asistencia individual o de un producto de apoyo que sirva para salvar la diferencia entre la necesidad y el diseño. Cuando estas ideas se incorporan gradualmente al diseño, cuando se aumenta el rango de diversidad que el diseño trata de cubrir nos encontramos con productos y servicios pensado para dar cabida a mayor diversidad humana. Cuando se alcanza el máximo posible nos encontramos con un producto o servicio creado con criterios de diseño universal, de accesibilidad y usabilidad para el mayor número posible de seres humanos.

En la actualidad existe una amplia gama de productos de apoyo dirigidos a servir para acceder e interactuar con el entorno de diferentes maneras. Estos productos, aparte de una oportunidad para incorporar su uso en la smart city, para formar parte de su diseño desde el inicio, pueden presentar una serie de inconvenientes para algunas de las personas que los emplean.

Al tratarse de dispositivos estandarizados, habitualmente no se ajustan exactamente a la necesidad específica de apoyo que cada persona requiere. La diversidad humana y las características concretas de cada persona son diferentes. Cada persona tiene una fuerza diferente, no es la misma la que puede ejercer un niño que un adulto, una persona con una enfermedad neurodegenerativa que una con parálisis cerebral. El control consciente del movimiento y el rango de movilidad y amplitud del recorrido varía también de una persona a otra en función de su discapacidad, de su tamaño, de su edad… Las variaciones

son casi infinitas y los productos, incluso los productos de apoyo, a menudo se centran en crear un diseño basado en un "perfil medio" de la persona que lo va a utilizar (Capece, 2010).

El producto, para la persona que se aparta de la media, requiere a menudo un proceso de aprendizaje y de adaptación. Al tratarse de dispositivos pensados para la mayor cantidad posible de personas, se elimina la diferencia individual entre esa mayoría y el diseño se centra a lo común, para que finalmente sea la persona usuaria la que debe adaptarse al producto y no el producto a ella.

A menudo los productos comerciales al ser empleados por personas con discapacidad necesitan de un proceso de ajuste personal que invalida su garantía y el soporte técnico, cuando no las condiciones de seguridad de uso. El ajuste no siempre resuelve el problema y lo más habitual es que la persona tenga que "adaptarse" en cualquier caso. Ello puede suponer posturas forzadas, fatiga, movimientos antiálgicos de evitación de las molestias o dolores que produzcan problemas y patologías posturales a largo plazo, rechazo del uso del dispositivo, etc.

Los productos diseñados específicamente para cubrir las necesidades de una persona con discapacidad suelen tener un alto coste económico, especialmente para las rentas más bajas y para las personas que tienen la vulnerabilidad mayor derivada de la situación simultánea de discapacidad y de pobreza.

Actualmente el mercado ofrece una serie de productos estandarizados diseñados para un usuario medio que debe adaptarse a la gama de posibles productos que se le ofrecen, aprender a utilizarlos y servirse de ellos en la medida en que pueda adquirir una buena competencia en su uso. Por otro lado, productos diseñados específicamente para ser usados por personas con discapacidad a un alto coste económico.

Frente a esta oferta de una gama de productos, la propuesta sería crear una ciudad diseñada con criterios de accesibilidad universal, pensada para el mayor rango posible de diversidad humana y de unos servicios de diseño, ajuste y evolución de los productos de apoyo para una persona concreta, a un coste menor que la actual solución que se le ofrece.

Una noción ésta de derecho que hoy nos podría parecer extraña. Para nosotros el "derecho" y la "obligación" son cosas claramente diferenciadas y no entenderíamos hoy en día que nuestro "derecho" sea pagar impuestos, cuidar de un familiar enfermo y, no digamos, hablar de recibir latigazos atados a un poste como "nuestro derecho". Hoy en día entendemos el derecho como un poder casi ilimitado sobre un ámbito privado y, en cualquier caso, como un "beneficio", algo siempre positivo que se nos reconoce por el mero hecho de ser personas. También en buena medida, una garantía de protección frente a poderes superiores como el del estado.

La ciudad-estado en Grecia era de plano ortogonal, muy regular, con espacios públicos abiertos, ágoras que servían de lugar de encuentro a la ciudadanía, con lugares con soportales y pórticos, stoas, teatros que aprovechaban las laderas de las colinas para facilitar el acceso, mejorar la acústica y reducir el coste de edificación. En definitiva, tenía un diseño lógico y razonado detrás.

Aunque no fuera concebida con criterios de accesibilidad universal, desde nuestro punto moderno de vista, podemos decir que había una inteligencia detrás de su diseño. Nuestra actual perspectiva de lo que será la smart city, una ciudad eco-sostenible, eficiente, basada en el diseño universal, con desarrollos tecnológicos dirigidos a estos fines aún está lejos, pero sí que en aquel momento se tenía en cuenta la necesidad de espacios de participación, la usabilidad para, al menos, quienes "importaban", es decir "los ciudadanos".

Constatamos que las personas con discapacidad en el mundo antiguo, sin embargo, no tenían cabida en ese espacio. Platón (La República, 460aC.) y Aristóteles (Metafísica IV, Cap. XIV) son claros y tajantes al respecto y abogan directamente por la desaparición de las personas, la "no crianza". Las leyes, de hecho, permiten la exposición, el infanticidio, como medio para la "negación" de las personas con discapacidad. Ello ocurría no solamente (como es muy conocido) en la polis de Esparta, sino estaba recogido en la mayoría de las constituciones griegas y en el primer derecho romano, las XII Tablas. Hasta donde sabemos en la ciudad fenicia y cartaginesa también.

Por tanto difícilmente podemos pensar que hubiera un espacio en la ciudad (en esa polis en la que nace la noción de justicia como "dar a cada cual lo que le corresponde") para el grupo social de las personas con discapacidad.

Los romanos continuaron y propagaron las ideas, tanto arquitectónicas como filosóficas, de los griegos. La ciudad ideal romana es una ciudad planificada, se suele decir que es casi un campamento romano monumentalizado.

El marco político, sin embargo, es muy diferente después del siglo IV a.C. Con Alejandro Magno y con el ascenso de Roma y Cartago el estado sobrepasa las fronteras de la ciudad y se redimensiona como imperio. Un imperio que recoge diferentes religiones, culturas, sensibilidades, donde la diferencia está presente frente a la homogeneidad cultural de la polis griega.

Aparece, dentro del pensamiento helenístico y romano, la noción de filantropía, la valoración positiva de todo ser humano y la admisión de la diferencia. En el advenimiento de esta visión tiene gran importancia el contacto comercial entre las ciudades. Esta noción de filantropía helenística es pareja a la de cáritas cristiana. Es una idea de hermandad, de amor al prójimo y de identidad esencial con quien es diferente.

La idea de "sabio" griego va ligado en el epicureísmo e incluso en el neoplatonismo a esta visión cosmopolita. Ello se plasma en un cambio fundamental en las leyes, que recogen, desde esta óptica caritativa, las instituciones de la tutela y la curatela.

El derecho romano basará su noción de justicia en el planteamiento surgido de las relaciones en la ciudad griega: el dar a cada cual lo que le corresponde (Genicio, 2003). Esta idea se mantendrá cuando la ciudad, después del siglo III-IV, pierda su protagonismo y el imperio caiga en la ruralización. Durante un largo periodo de tiempo la ciudad sufrirá un cambio esencial, dejará de ser el centro del desarrollo cultural y económico. Este cambio fundamental en las ciudades coincide con la expansión del cristianismo a través del imperio y fuera de él y la abolición de la esclavitud. Todo ello contribuye de forma significativa en este cambio de visión, el giro hacia lo caritativo.

Salvo por algunas aportaciones menores del derecho germánico traídas por los pueblos que cruzan las fronteras del imperio, las compilaciones medievales se basarán fundamentalmente en el Codex Iuris de Justiniano, el derecho romano clásico. Todo el periodo de las invasiones, que preside esta ruralización, este periodo "feudal", va a dar lugar a señoríos como centro del poder político. La visión social hacia las personas con discapacidad y las prácticas sociales a las que den lugar estarán guiadas en gran medida por la caridad.

Desde el punto de vista jurídico el derecho se entiende como una serie de regulaciones entre particulares en las que el estado no toma parte. En gran medida el estado desaparece y se transforma, en realidad, en una serie de relaciones de vasallaje entre señores feudales. En este contexto las personas con discapacidad quedan al amparo de la caridad de las órdenes religiosas que empiezan a aparecer y de la buena voluntad de quien quiera ayudar a la persona que pide limosna.

La ciudad pierde su "lógica" clásica y se rodea de murallas frente a las constantes amenazas externas. Se convierten en unos lugares menos habitables y accesibles, donde las personas con discapacidad muchas veces ven relegado su papel social a la mendicidad. Ésta es regulada a menudo entorno a las ciudades, quedando adscritas las personas autorizadas a pedir limosna en razón de su "pobreza", o lo que es casi lo mismo en este caso, de su discapacidad, al núcleo amurallado y a una serie de leguas a la redonda.

La idea de que los individuos tienen algún tipo de "derecho" frente al estado, al menos, a no tener ciertas constricciones por parte de él, se va abriendo paso con el tiempo. Debemos entender que no estamos hablando de un estado en el sentido moderno del término, sino a unidades políticas basadas en una serie de relaciones de vasallaje entre señoríos, a un poder que posee el rey, la nobleza y el clero mediante instituciones que se superponen.

Poco a poco, la ciudad se va transformando. Entorno a las ciudades aparecen, más allá de las murallas, los burgos de los artesanos, una nueva clase social urbana que se siente desprotegida frente a los poderes existentes. Surge, también en la ciudad la institución de la universidad. Gradualmente se van reconociendo "derechos" entendidos como poderes para limitar al estado. Derecho a no ser torturado para que se extraiga una confesión contra uno mismo, a la posesión de bienes, a la libertad religiosa incluso.

Hay un proceso gradual de secularización, de crecimiento de la ciudad como centro científico y cultural, de Ilustración y de desarrollo de los derechos subjetivos que desemboca en las revoluciones liberales de finales del siglo XVIII y XIX. Va ganando peso la ciencia como instrumento de ese "avance", mientras el modelo de la caridad sigue vigente.

En un momento dado, la ciencia, personificada en el médico, se convierte en la protagonista del modelo que preside la visión y las prácticas sociales hacia las personas con discapacidad.

Simultáneamente se produce la aparición de las ciudades industriales, donde el control de la salud pública se convierte en un asunto de estado y en una necesidad desde el punto de vista productivo para el mundo que surge de la Revolución Industrial (Foucault, 1976) .

En torno a la ciudad industrial surgen los derechos de segunda generación, los derechos sociales, culturales y económicos. Se asume la necesidad de un papel activo por parte de los estados en las políticas y un enfoque "científico" en ellas. Se pide por parte de la ciudadanía la redistribución de la riqueza para atender a aquellas personas más vulnerables. En buena medida ello es una consecuencia del desplazamiento masivo de la población desde el campo a la fábrica, ubicada en la ciudad, y de las consecuencias que ello supone. En esta lucha por los derechos sociales las personas con discapacidad quedan fuera, no son vistas, ni ellas mismas se ven a sí mismas, como un grupo social con una "conciencia de clase".

El "modelo médico" de la discapacidad se superpone al caritativo, pero ahora las instituciones públicas asumen como papel la "curación", la rehabilitación o, como ocurre frecuentemente al fracasar, la reclusión de las personas con discapacidad.

Si tras la Revolución Francesa Pinel había liberado "a los locos de sus cadenas", la nueva ciencia de la psiquiatría inventa nuevos mecanismos "terapéuticos" de contención, como la camisa de fuerza y aplica diferentes tecnologías, como la hidroterapia o el galvanismo (terapia electroconvulsiva) a estas personas.

En general el modelo médico se centrará, en adelante, en la búsqueda de "soluciones" científicas para las personas con discapacidad.

Desde este enfoque científico, se aborda la discapacidad como un objeto de rehabilitación o normalización de los individuos. La "condición" de la discapacidad es considerada un efecto unidireccional de la enfermedad que hay que curar, y el esfuerzo social o gubernamental, en caso de existir, va encaminado al desarrollo de "soluciones" generales, enfocadas a la salud pública cuando no, muy influidas por el cientificismo ligado a la Revolución Industrial, de "mejora de la especie".

Por ejemplo, el darwinismo social imperante a finales del siglo XIX, hoy en día considerado una pseudociencia, pretendía la necesidad de aplicar la "selección artificial" a la sociedad humana para su mejora y "evolución". El paradigma dominante en los ámbitos universitarios y científicos era partidario de aplicar criterios que favoreciesen la "supervivencia de los más aptos" desde perspectivas que hoy consideramos racistas y discafóbicas.

4. Conclusiones

Las tecnologías presentes en la ciudad inteligente son una gran oportunidad para las personas con discapacidad.

Una ciudad diseñada con criterios de usabilidad y de accesibilidad universal, pensada para la participación de todo el mundo, es una ciudad basada en el modelo social de derechos. Una ciudad, parafraseado el derecho romano, que da a cada cual aquello que le corresponde. Una ciudad pensada bajo criterios de accesibilidad universal.

En la medida en que nos limitemos a introducir elementos tecnológicos individuales para que sirvan de "compensación", desde un enfoque médico, nos veremos circunscritos a poner "parches" allí donde puedan permitírselo económicamente las personas usuarias de estos productos.

Por más que dotemos de exoesqueletos a una parte de la población que le permita salvar obstáculos como las escaleras, pero no diseñemos, desde un primer momento, el acceso a la participación para la diversidad humana, para el mayor rango posible de diferencias, no estaremos creando una ciudad inteligente.

Una ciudad inteligente debe ser una ciudad pensada para la inclusión desde un enfoque social de derechos. Una ciudad que excluye, una ciudad inaccesible a una parte de la población es una ciudad, literalmente, estúpida, una ciudad que perpetúa la desigualdad y la injusticia. Si la ciudad, además de "inteligente", de estar dotada de innumerables sensores y actuadores, no es ecosotenible y accesible universalmente solamente tendremos una ciudad con mucha tecnología dentro. Igualmente ocurrirá si esta participación social solamente está al alcance de una parte de las personas con discapacidad.

NO podrá haber una smart city si no está pensada como un espacio de participación, como un lugar de ejercicio de derechos humanos. A aquellas personas que se desentendían de la participación pública en la polis griega se les reservaba un término: idiotés. El término idiota con el que se ha insultado en ocasiones a las personas con discapacidad intelectual estaría mejor utilizado, precisamente, contra quienes excluyen a una parte de la población de la participación política, es decir, en la vida en la ciudad.

Una ciudad inteligente es una ciudad en la que la diferencia tiene cabida y que se adapta a las necesidades de quien la habita y no al revés. Una ciudad que sigue los principios de la accesibilidad universal, confortable, útil, fácil de utilizar, simple e intuitiva, segura y, en definitiva, usable por personas muy diferentes y con diferentes capacidades

Referencias

Capece, S. (2010). El diseño centrado en el usuario: principios y nuevos escenarios para el producto inclusivo. I+ Diseño: revista internacional de investigación, innovación y desarrollo en diseño, 2(2), 77-84.

Casado, D. (1991). Panorámica de la discapacidad. Instituto de Trabajo Social y Servicios Sociales.

Foucault, M. (2015). Historia de la locura en la época clásica, I. Fondo de cultura económica.

Genicio, J. C. (2002). La noción de justicia en la Retórica de Aristóteles. Revista telemática de filosofía del derecho (RTFD), (6), 14.

Lifton, R. J. (1986). The Nazi doctors: Medical killing and the psychology of genocide (Vol. 64). New York: Basic Books.

Palacios, A. (2008). El modelo social de discapacidad: orígenes, caracterización y plasmación en la Convención Internacional sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad. Cermi. Cinca.

Puig de la Bellacasa, R. (1990). Concepciones, paradigmas y evolución de las mentalidades sobre la discapacidad. Discapacidad e información, 14, 63-96.

Vázquez-Barquero, J. L., & Herrera Castanedo, S. (2001). La Familia Internacional de Clasificaciones de la OMS (FIC-OMS): una nueva visión. Pap Med, 10(4), 184-7.

Villey, M. (1976). Los orígenes de la noción de derecho subjetivo. M Villey: Estudios en Torno a la Noción de Derechos Subjetivo.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 13/09/2019
Aceitação/Acceptance: 16/11/2019

Sistemas de automatización de bajo costo para la integración industrial de plantas basadas en AMQP

William Montalvo[1], Erick S. Llamuca[2], Freddy G. Benalcazar[2], Carlos A. Garcia[2], Marcelo V. Garcia[2,3]

wmontalvo@ups.edu.ec, ellamuca6541@uta.edu.ec, fg.benalcazar@uta.edu.ec, ca.garcia@uta.edu.ec, mv.garcia@uta.edu.ec

[1] Universidad Politécnica Salesiana, UPS, 170146, Quito, Ecuador.

[2] Universidad Técnica de Ambato, UTA, 180103, Ambato, Ecuador.

[3] University of Basque Country, UPV/EHU, 48013, Bilbao, Spain.

Pages: 121–134

Resumen: Debido al reciente desarrollo en la Internet de las cosas (IoT) y las tecnologías de computación en la nube, los sistemas cibernéticos (CPPS) están evolucionando como un importante controlador durante y después del proceso de fabricación de productos, lo que genera nuevos conocimientos que pueden mejorar la toma de decisiones. Procesa y proporciona una ventaja empresarial competitiva. Este estudio trata sobre la implementación de CPPS en una fábrica real para controlar un proceso e integrar las comunicaciones en el taller utilizando el protocolo AMQP (Protocolo Avanzado de Cola de Mensajes). Finalmente, la operación de todo el sistema se demuestra a través de un panel de control de CPPS. En una era en la que la mayoría de los estudios relacionados con CPPS se realizan en modelos abstractos de alto nivel, este estudio describe marcos arquitectónicos más específicos en un proceso real.

Palabras-clave: Sistemas de producción cibernética (CPPS); Internet de las cosas (IoT); Comunicaciones en la planta; AMQP.

Low-cost Automation Production Systems for Industrial Shop-Floor Integration Based on AMQP

Abstract: Due to the recent development in the Internet of Things (IoT), and cloud computing technologies, Cyber-Physical Systems (CPPS) are evolving as a major controller during and post the manufacturing products process it results in new insights that can enhance decision-making processes and provide a competitive business advantage. This study deals with the implementation of CPPS in a real factory to control a process and integrate shop-floor communications using the AMQP (Advanced Message Queuing Protocol) protocol. Finally, the operation of the entire system is demonstrated through a CPPS dashboard. In an era in which most CPPS-related studies are conducted on high-level abstract models, this study describes more specific architectural frameworks in a real process.

***Keywords**:* Cyber-Physical Productions Systems (CPPS); Internet of Things (IoT); Shop-floor communications and AMQP.

1. Introducción

Al referirse a sistemas Ciber-físicos utilizados en procesos industriales, se establecen necesidades específicas de seguridad en la información, por lo cual las características que debe cumplir un protocolo de comunicación son estrictas. Teniendo en cuanta el objetivo general de alcanzar niveles de transmisión de información eficientes, se pueden implantar diversos protocolos, empero la síntesis, sincronización, y tiempos de respuesta de cada uno los diferenciara, determinando su funcionalidad en el campo industrial. Ya que en la actualidad se busca un entorno fiable con un método estándar que permite la comunicación (González-Filgueira & Permuy, 2018; Toapanta Guacapiña, 2018).

Los sistemas de mensajería son compatibles con diferentes modelos de comunicación, cada uno de los cuales define cómo intercambia la información entre productor y consumidor. Al momento de no existir un consumidor del mensaje, el inconveniente presentado es una complicación en la semántica requerida para manejar las colas y distribuir la información entre los diversos consumidores. Sin embargo, un protocolo que permita manejar esa complejidad interna requiere mucho desarrollo y el seleccionar la opción correcta es esencial, de tal modo que conocer los alcances de protocolos estándar para sistemas de mensajería se convierte en la clave de la eficiencia de los sistemas Ciber-físicos de producción (CPPS) (Hassan, Song, Hossain, & Alamri, 2014; Magnoni, 2015).

Hoy en día, la aplicación del Internet de las cosas se convierte en una ventaja competitiva, ya que describe un escenario en el que los objetos se identifican y se conectan a Internet; permitiendo el control remoto de situaciones críticas o relevantes para un dominio, a través de sensores y actuadores estratégicamente distribuidos (García, 2018). Sin embargo, para detectar este tipo de situaciones es necesario comunicar, almacenar, analizar y procesar de manera eficiente la gran cantidad de información generada cada día por estos dispositivos inteligentes (Saad, Abed, & Hamad, 2010).

El middleware orientado a mensajes constituye un parámetro importante en la entrega de datos. AMQP (Advanced Message Queue Protocol) es un estándar abierto, ampliamente utilizado en la Internet de las cosas (Internet of Things - IoT), que se desarrolló para facilitar el intercambio de información entre elementos del mismo sistema o en el presente caso de proceso industrial. AMQP está preocupado por los problemas de seguridad y confidencialidad sin afectar el rendimiento de la comunicación (Subramoni, Marsh, Narravula, Ping Lai, & Panda, 2008).

Para el uso de protocolos de comunicación orientados a mensajes como AMQP, es necesario conocer las características que mantiene. Esta es la razón para desarrollar pruebas de su eficiencia en aplicaciones de entornos industriales, enfatizando las necesidades de carga de las aplicaciones, en términos de tamaño de mensaje y tasas de comunicación (Vinoski, 2006). AMQP finalmente ha abordado los estándares de interoperabilidad de los mensajes comerciales e industriales basados en CPPS, de una manera sencilla que le permitió trascender en el mercado (Fernandes, Lopes, Rodrigues, & Ullah, 2013).

La investigación propone un método de comunicación óptimo para el control industrial en los marcos de CPPS utilizando AMQP para la integración de la comunicación en el taller. Como objetivo general, se ha buscado identificar los límites de aplicabilidad de este middleware, evaluando su capacidad en términos de pérdidas de mensajes, latencias o fluctuaciones, pero las pruebas en el entorno industrial deben estar altamente desarrolladas para una aplicación confiable y eficiente, en el caso de envío de cantidades masivas que comprometen el rendimiento del sistema en un proceso dado.

El contenido del artículo está estructurado de la siguiente manera: la Sección 2 presenta una serie de estudios que relacionaron y alentaron el desarrollo de este trabajo; La sección 3 proporciona conceptos breves que permitirán una mejor comprensión de las siguientes secciones; Sección 4; Presenta el caso de estudio utilizado para el método de investigación. En la Sección 5, la idea se ilustra con la arquitectura y metodología del sistema de comunicación; Mientras que la Sección 6, la implementación del sistema de comunicación se encuentra en la estación de pruebas Festo ™; Los resultados obtenidos en la comunicación se presentan en la Sección 7 a continuación; Finalmente, las conclusiones y el posible trabajo futuro se presentan en la Sección 8.

2. Trabajos Relacionados

Esta sección analiza la investigación y el trabajo directamente relacionado con las áreas en las que se han utilizado los protocolos de mensajería. El protocolo AMQP también se analiza analizando y resolviendo problemas en redes de comunicaciones utilizadas en procesos industriales. Varios artículos científicos sobre el protocolo AMQP han sido publicados en los últimos años:

Subramoni H (Subramoni et al., 2008) con su investigación sobre Diseño y evaluación de puntos de referencia para aplicaciones financieras utilizando el AMQP sobre InfiniBand, que apunta a observar el desempeño de AMQP en un escenario de la vida real, Obteniendo resultados eso indica que para cumplir con los requisitos de alta escalabilidad requeridos por las aplicaciones financieras de computación de alto rendimiento, necesitamos protocolos de comunicación de alto rendimiento como AMQP.

Un estudio realizado por la Escuela de Ciencias de la Computación e Ingeniería, Universidad Tecnológica del Sur de China (Cai & Qi, 2015), sobre el diseño de protocolos de control para sistemas cibernéticos físicos, se identifica como algo relativamente nuevo con un desarrollo continuo en la actualidad. Pero hay una falta de plataforma de soporte subyacente universal para integrar los dispositivos subyacentes y evaluar los detalles de la tecnología. Introducimos un Marco de Control Físico para integrar dispositivos del mundo real para formar la red de abstracción de nivel inferior con complejidad y heterogeneidad, a través de protocolos que satisfacen la necesidad de controlar dispositivos remotos e intercambiar información de sensores.

Existen diferentes trabajos en los que los protocolos de mensajería se utilizan para los sistemas de IoT, uno de los protocolos más analizados es AMQP que utiliza TCP como protocolo de transporte predeterminado y TLS / SSL y SASL para la seguridad. Por lo tanto, la comunicación entre el cliente y el agente es una conexión dirigida. La confiabilidad es una de las características principales de AMQP y ofrece dos niveles de calidad de servicio (QoS) preliminares para la entrega de mensajes: desestabilización

de formato (no confiable) y formato de liquidación (confiable). Además, AMQP es un protocolo binario y generalmente requiere un encabezado fijo de 8 bytes con cargas útiles de mensajes pequeños hasta el tamaño máximo, dependiendo del agente / server o la tecnología de programación (Piper Andy, 2013; Vanparia, Ghodasara, & Donga, 2015).

Basado en un estudio realizado por Steve Vinoski (Vinoski, 2006) en AMQP donde se determina el protocolo de cola de mensajes avanzada (AMQP) crea un estándar abierto para un protocolo de mensajería asíncrono interoperable. AMQP finalmente está abordando la falta de estándares de interoperabilidad para la mensajería empresarial. Por lo tanto, este protocolo de mensajería empresarial relativamente simple pero convincentemente poderoso está listo para abrir una nueva y brillante era para la mensajería empresarial.

En resumen, estos trabajos coinciden en la búsqueda de nuevas metodologías para generar protocolos de comunicación, pero no se centran en la transmisión de datos a diferencia de la investigación propuesta, donde la velocidad y la pérdida de transmisión de datos se verifican utilizando el protocolo de comunicación AMQP, que se utiliza. Para establecer la conexión entre los dispositivos de bajo costo (Raspberry Pi) y el controlador lógico programable (PLC). Los datos de transmisión serán enviados a una interfaz web.

3. Estado del arte

3.1. Sistemas Ciber-Físicos

“Cyber Physical System” (CPS) es el término creado por la fundación americana NSF (National Science Foundation) que toma nombre del resultado de dotar a los componentes u objetos físicos que nos encontramos de forma habitual en nuestro entorno de trabajo, de capacidades de computación y de comunicación para convertirlos en objetos inteligentes los cuales permiten superar a los simples sistemas empotrados actuales en base a la capacidad, seguridad, escalabilidad, adaptabilidad, resiliencia y usabilidad, pudiendo trabajar en conjunto formando ecosistemas distribuidos y totalmente autónomos, por tanto, los CPS van más allá de los objetos individuales ofreciendo servicios a través de internet ya que se refiere a sistemas de mayor complejidad compuestos a partir de otros sistemas y que son capaces de aprender de las interacciones que tienen con el mundo físico, de forma que convierten los entornos en inteligentes (Pradilla Ceron, 2016). A continuación, se presentan las características principales de un sistema ciber-fisico Figura 1.

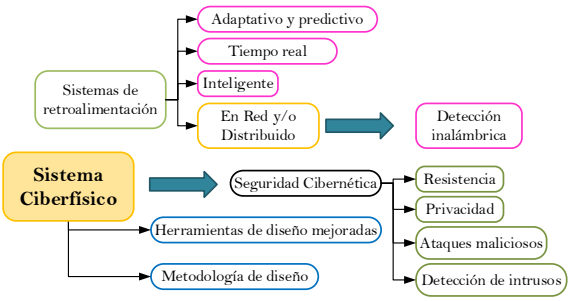


Figura 1 – Sistemas Ciber – Físicos.

3.2. AMQP (Advanced Message Queuing Protocol)

AMQP fue diseñado como un reemplazo abierto para el middleware de mensajería propietario existente. Dos de las razones más importantes para utilizar AMQP son la fiabilidad y la interoperabilidad. Como su nombre lo indica, ofrece una amplia gama de funciones relacionadas con la mensajería, entre las que se incluyen colas fiables, mensajería de publicación y suscripción basada en temas, enrutamiento flexible, transacciones y seguridad. AMQP intercambia mensajes de ruta directamente - en forma de salida, por tema, y también en base a encabezados (Vinoski, 2006).

La arquitectura AMQP se ajusta a Producer, que es una aplicación cliente que genera mensajes AMQP. Consumer es una aplicación cliente que recibe mensajes AMQP generados por un Producer. Broker es un servidor al cual las aplicaciones cliente (Productores y Consumidores) se conectan para enviar y recibir mensajes. , que representa una abstracción de una cola, que se utiliza para almacenar y enviar mensajes a los consumidores apropiados, Exchange es el componente que se encarga de redirigir y filtrar los mensajes enviados por los Productores (Videla & Williams, 2012), que se muestra en (ver Fig. 2).

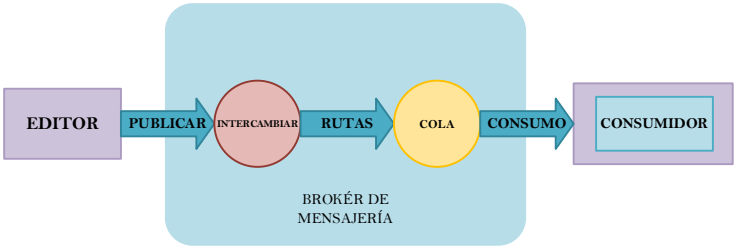


Figura 2 – Ejemplo de una rutina AMQP

Con respecto a las características de AMPQ, las más importantes son el acuse de recibo es decir el estándar AMQP, el cual proporciona de mecanismos para que se asegure la correcta recepción y el procesamiento de un mensaje, además consta de durabilidad y resistencia ya que indica si una cola o un mensaje debe sobrevivir a un reinicio de bróker, también tiene prioridad es decir se puede asignar una prioridad a cada mensaje de modo que los mensajes de mayor prioridad son enviados antes que otros que se encuentran en cola, cuentan con un tiempo de espiración en donde se asigna un tiempo máximo de validez de permanecer en el sistema. En relación al transporte de datos empleado, AMQP considera que todas las comunicaciones se realizan mediante TCP, lo mismo que limita su escalabilidad, debido a que el bróker debe mantener una conexión activa por cada publicador o suscriptor presente en el sistema (Povedano-Molina, 2014).

3.3. Snap7.

En lo que a comunicaciones se refiere, si en algo se caracterizan los sistemas de control industrial es por la gran cantidad de protocolos existentes para realizarla, sin dejar de lado que cada fabricante desarrolla para sus propios productos con características

específicas como es el caso de S7 de Siemens. La suite llamada Snap7, es un software multi plataforma para comunicarse de igual manera que lo harían de forma nativa PLCs del fabricante SIEMENS empleando tecnología Ethernet y el protocolo S7, mismo que está orientado a funciones o a comandos. Snap7 puede funcionar como cliente, servidor o partner con los PLC Siemens. Snap7 no necesita de configuraciones adicionales una vez instalado, simplemente se requiere del manejo de lenguaje C para su uso.

Las principales características del Snap 7 son su arquitectura diseñada para 32 y 64 bits, el soporte que tiene para varios sistemas operativos, el soporte para varios tipos de CPU y el manejo de transmisión de información tanto síncrona como asíncrona. Hoy día Snap7 da un soporte parcial a CPUs Siemens como 1200 y 1500, sin necesidad de usar un adaptador especial, ya que está orientado al uso en comunicaciones Ethernet y S7. Teniendo en cuenta que, en aplicaciones de automatización, es indispensable operar orientado a mensajes, se usa el RFC 1006 aplicación dirigida a mensajes pero basada en TCP (Heinonen, 2019).

3.5. Node-Red.

En la industria actual mediante programación de secuencias o instrucciones simples, se puede manejar el comportamiento de equipos específicos que a su vez se encuentran conectados a procesos operativos. El uso de lenguajes de programación textual como Asambly, C, Python y JavaScript, es una de las formas principales de hacerlo, por lo cual el tratamiento que se da a los mismo cada vez debe ser más simplificado al tener todos los programas el mismo código fuente textual.

Node-Red es una herramienta de programación visual, que permite las relaciones y funciones, y dando la facilidad al usuario de programar sin tener que escribir en un idioma especifico, en Node-Red se pueden añadir o eliminar nodos y conectarlos entre sí con el fin de hacer que se comuniquen entre ellos. Node-Red es un software bastante sencillo de utilizar en Raspberry Pi, y al estar construido sobre Node.js, está impulsado por JavaScript, otorgando la posibilidad de escribir en los nodos de función dentro del editor de código (Blackstock & Lea, 2014; Vigouroux, 2017).

4. Caso de estudio

El estudio de caso se centra en la clasificación óptima de productos terminados para la venta y en la que no lo está, de modo que al verificar la eficiencia del protocolo se puede establecer si es adecuado para el sistema, brindando mayores beneficios en términos de velocidad de transmisión de datos y seguridad.

Debido a la necesidad actual de conocer en tiempo real las variables que involucran un proceso industrial, se propone la factibilidad de implementar IoT, que permita la visualización del proceso. Debido a los métodos de control de calidad de la industria, que a menudo son inapropiados y los productos están expuestos a errores como resultado del mal funcionamiento y el uso inadecuado de los materiales utilizados por los trabajadores para tal trabajo, por lo tanto, se convierte en la principal limitación para mejorar y encontrar soluciones. Sin embargo, se puede lograr un mejor control de calidad aplicando un defecto automatizado mediante un modelo de análisis de

inspección de atributos bajo el concepto de “pasar o fallar” inspeccionado en la estación de verificación FESTO ™.

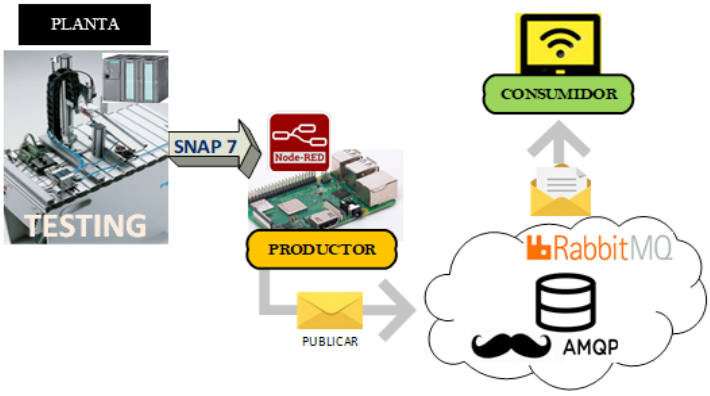


Figura 3. Configuración de la arquitectura de comunicación.

El sistema de comunicación automatizado de AMQP cubre con éxito situaciones en las que el operador no puede permanecer cerca de un proceso todo el tiempo para evitar daños al producto como imperfecciones, por lo tanto, se crea un servidor web en conexión directa con el protocolo de comunicación, de modo que cuando las partes se encuentran en el En la estación FESTO, se detecta un error, que la aplicación informará y alertará al operador.

El proceso implementado determinará la presencia del producto y utilizará principalmente la clasificación del producto, sin la presencia del operador, lo que a su vez facilita la metodología de control de calidad, reduce en un porcentaje considerable los costos involucrados. Debido a que en una inspección en términos técnicos y económicos es casi imposible realizar este tipo de inspección y aumentar la seguridad de que no hay productos defectuosos en un lote de consignación. La Fig. 3 muestra la composición realizada para establecer la comunicación entre una planta y una computadora, utilizando un CPPS como intermediario.

5. Arquitectura del sistema de comunicación.

Tener un marco de comunicación para obtener datos reales de la situación actual de una empresa en cualquier parte del mundo; La arquitectura del sistema para la comunicación servidor-cliente se detalla a continuación.

El uso de Snap 7 en Raspberry Pi se usa para leer el estado de cada variable de proceso y mientras que el software Node-Red se usa para descargar las variables e identificar cada una de ellas, también, para actuar sobre las variables que son necesarias para obtener el Datos requeridos del proceso. En la Fig. 4 puede ver la estructura del Paso 7 con el servidor AMQP que queremos usar para la comunicación.

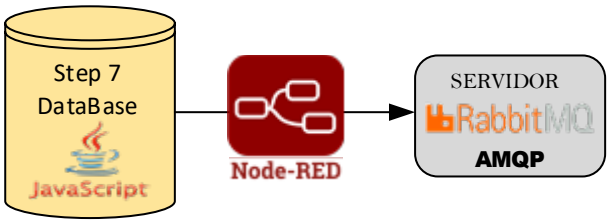


Figura 4 – Snap 7 en Node Red.

Para hacer esto, se usaron varios complementos, como la biblioteca snap 7 con la versión 1.4.2. Para Raspberry pi 3. Se verá principalmente que la trama se compone de dos partes, que son: Tema.- que es la parte donde se almacena el nombre de la variable y la segunda parte, llamada Pyload, que permite contener el valor de la variable. También con el software Node-red 0.19.5 que es una plataforma con su lenguaje javascript. Cada una de las bibliotecas está configurada para que estén habilitadas y puedan ser utilizadas. Y una vez que las bibliotecas están configuradas, ya es posible leer las variables del PLC.

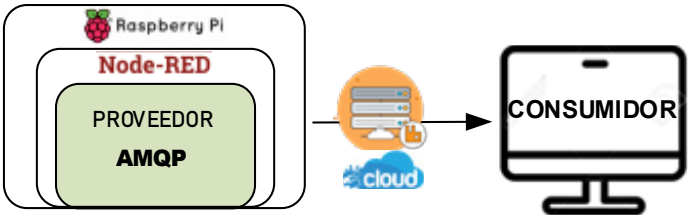


Figura 5 – Node Red – Consumidor.

Las variables que se reconocen con el servidor AMQP en la red de Nodos se usan en el cliente AMQP en Nodo-Rojo, para crear nodos que pueden enviar los datos a la interfaz gráfica diseñada para mostrar las variables. En la Fig. 5 se observa la configuración utilizada para establecer una conexión con el consumidor, a la que se enviará el estado actual de las variables, es decir, si el producto cumple con las características deseadas.

Para iniciar la comunicación con el protocolo establecido (AMQP), debe instalarse un servidor que funcione con dicho protocolo. En este caso, se instaló RabbitMQ, ya que es un buen intermediario de mensajes de código abierto que nos permite implementar en varias instalaciones y qué es mejor almacenar información en la nube. Debe tenerse en cuenta que para instalar la biblioteca anterior, primero debe instalar la biblioteca Erlang en la que la biblioteca del cliente Orbit de RabbitMQ permita que el código se interconecte con los consumidores de AMQP. La biblioteca de protocolos debe instalarse en la red de nodos, ya que es donde se leerán las variables de proceso.

Y finalmente, se instaló instancias en la nube AMQP para comunicarse con diferentes dispositivos. Esto nos ayudará a que el protocolo utilizado en un proceso industrial se

pueda analizar en esta área y obtener el rendimiento de la comunicación. Y así podemos analizar si el resultado es bueno para la planta industrial.

6. Implementación

6.1. Lectura de datos de la planta Festo ™ MPS Testing

La planta diseñada para simular el control de calidad en el producto detecta las piezas de diferentes características y da un valor de lectura de acuerdo con la dimensión de las piezas, estos valores se envían a un PLC. Los datos se transfieren desde Simatic Manager a través de PLC y comunicación Raspberry adquirida por la biblioteca Snap7. Snap7 en Raspberry permite la comunicación a través de un puerto y adquiere toda la información del PLC y lo hace disponible para Rasberry Pi montado en una aplicación con la capacidad de trabajar con esta biblioteca. Para el estudio de caso en este documento, la programación de la plataforma Node-RED transporta esta información a través de un nodo de configuración de nodo Snap7 desarrollado en JavaScript. Este nodo, una vez instalado en la plataforma Node-RED, verifica por primera vez la dirección IP, el puerto, el rack y la ranura configurados en la CPU.

Los datos recibidos por Rasberry Pi a través de Snap 7 se almacenan en un flujo de mensajes dentro de la Red de Nodos, el flujo de mensajes consiste en un marco con dos componentes; msg-topic, y msg-pyload, en la transmisión de valores cargados cíclicamente cada vez que una variable cambia su valor

6.2. Flujo de comunicación en Node-Red

La plataforma de trabajo de Node-Red está compuesta principalmente por nodos de paletas, espacio de flujos de mensajes y paneles de información y depuración. Y una vez que se identifican la IP y el puerto locales, puede acceder a Node-Red a través de un navegador.

El flujo de mensajes es la conexión abstracta entre los componentes de comunicación, en este caso, el servidor Snap7 y AMQP. La información está contenida y transmitida en la carga útil del mensaje (msg. Carga útil), este es el más relevante para el componente de transferencia de mensajes, ya que msg. El tema es usado por cada nodo de manera diferente dependiendo de sus necesidades. Continúe con el flujo de comunicación, una vez que el mensaje llega al servidor AMQP del nodo, es el único componente que acepta la carga del mensaje, y dentro del nodo Out del AMQP, msg. el tema toma el valor del usuario de destino del mensaje.

El nodo del servidor AMQP de salida en la primera instancia verifica que el servidor de ID de usuario tenga la estructura JID adecuada y una contraseña. Una vez que se verifica el servidor de información, permite poner a disposición de cualquier cliente el mensaje de carga de datos identificado.

La Fig. 6 muestra la implementación de los nodos del Paso 7 en el nodo de Red donde se configura el estado de las variables que se utilizarán para la comunicación. En este caso, incluiremos dos nodos de entrada en diferentes marcos, que representarán las dos señales que adquieren los valores de las memorias de PLC que provienen del sensor

analógico de la estación de prueba Festo ™. Estas señales se envían a los servidores de salida de nodos de AMQP que proporcionan los mensajes a los clientes en la red de nodos.

Como las marcas de PLC entregan un valor booleano, el mensaje para tomar los valores de cadena requeridos en el mensaje se identifica, por ejemplo, el mensaje de carga se procesa cuando la marca (incorrecta) corresponde a verdadero; una cadena de texto para un cliente AMQP.

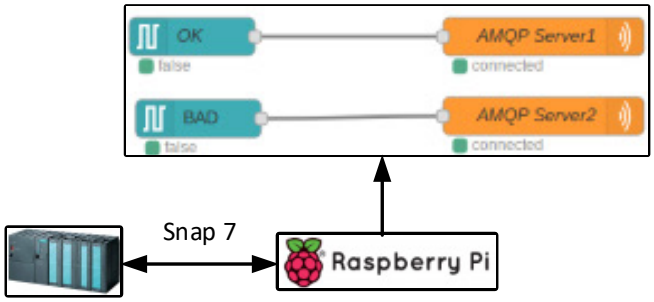


Figura 6 – Programa comunicación con el Servidor.

Mientras que en la Fig. 7 se observan los nodos que se utilizan para establecer una conexión con el consumidor, a los que se enviará el estado actual de las variables, es decir, si el producto cumple con las características deseadas. En otras palabras, la imagen describe dos marcos que tratarán las dos señales provenientes de los nodos del servidor AMQP. Los clientes AMQP reciben la señal procesada, es decir, si las marcas de PLC están activadas o no, por ejemplo, la marca M0.0 que corresponde a los productos que cumplen con los estándares requeridos tiene una buena señal que corresponde a ser “verdadera” El nodo “OKCounter” en el caso de que la marca esté activada contará como una unidad que cumple con los requisitos. Si bien, en el otro marco, el Cliente 2 de AMQP recibe una señal “verdadera” en el nodo “Contador BAD”, se contará como un producto que no ha cumplido con los requisitos. Estos valores se almacenarán en un gráfico estadístico donde se puede visualizar la cantidad de elementos de buena y mala

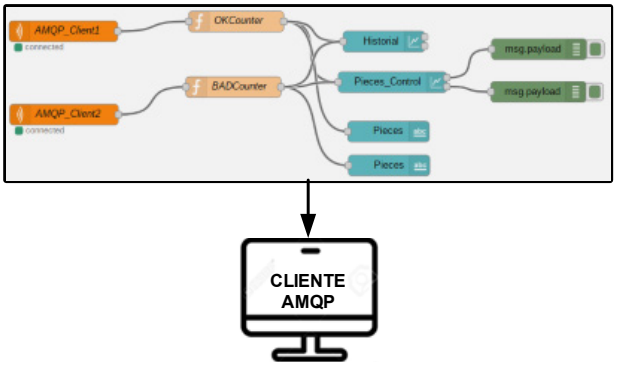


Figura 7 – Programa de Visualización de Datos

calidad. Mientras que el nodo “Historial” pertenece al espacio de memoria donde los elementos que pasan por el proceso se almacenan en una línea de tiempo.

7. Discusión de Resultados

En la Fig. 8 se observa un diagrama estadístico con los resultados obtenidos en un lote de 100 productos procesados, es decir, los productos entrantes son recibidos por el sensor en el momento en que la planta está en función, su valor de lectura se representa en cada Variable como productos que cumplen con las características y productos que no cumplen con estas características. Así, en la Fig. 8, la parte azul representa los productos defectuosos, mientras que la parte celeste representa los productos no defectuosos. Además, se obtiene un resultado numérico en la parte inferior del gráfico, que indica el porcentaje que contiene el gráfico estadístico. También en el gráfico estadístico “Historial”, obtiene una línea de tiempo en el eje x, que puede determinar el tiempo en el que se analiza cada elemento de su calidad, con la intención de conocer la existencia de elementos de baja calidad y, por lo tanto, evitar que los operadores Toma de decisiones en la planta.

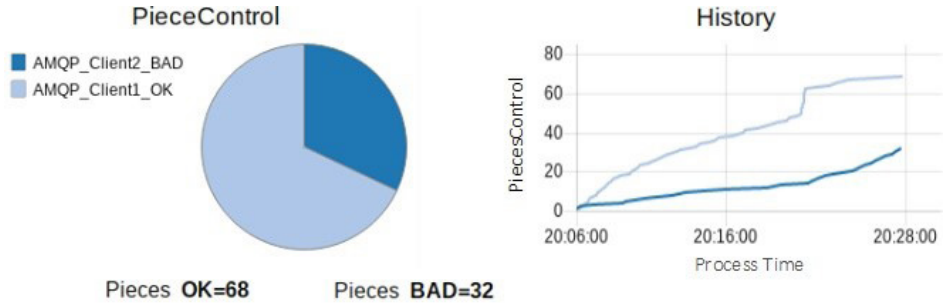


Figura 8 – Resultados Estadísticos del Proceso.

En la Fig. 9 Se puede ver que las colas de mensajes tienen un valor de cero, esto se debe a que las colas de mensajes se generan de acuerdo con los recursos ocupados por los mensajes enviados por el servidor AMQP, en este caso no hay mensajes en cola, porque los mensajes enviados no ocupan un alto porcentaje de recursos que en ese momento nuestro proceso ha hecho una conmutación bastante simple. Cabe señalar que según la forma en que llegan los mensajes, el gráfico continúa produciendo su respuesta. Por otra parte, siguiendo la imagen se observa en la gráfica de mensajes o tarifas de última hora, dos cifras que representan la entrega y publicación de los mensajes de proceso, obteniendo como resultado de la ejecución, que la entrega se completó en un tiempo de 0.4 segundos de procesamiento mientras que los datos de publicación de mensajes o respuesta se dieron en un tiempo aproximado de 0.2 segundos, con un tiempo de procesamiento de 15 segundos.

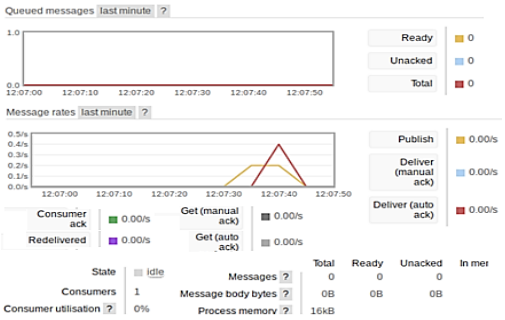


Figura 9 – Queue de mensajes en Rabbit MQ.

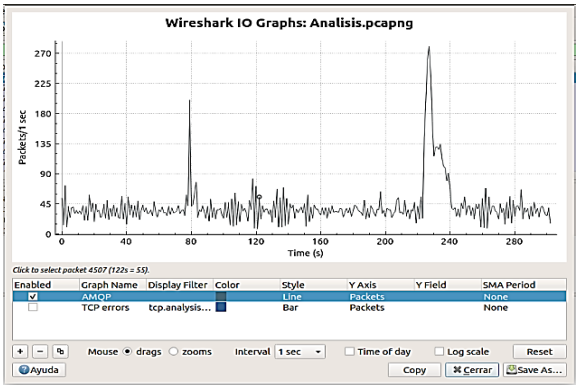


Figura 10 – Uso del software Wireshark.

Mientras que en la Fig. 10 Se muestra un análisis del intercambio de mensajes de red, realizado en el software Wireshark donde se obtiene un gráfico en tiempo real, que representa el consumo de ancho de banda que ocupa AMQP, es evidente que la comunicación con el protocolo es eficiente es decir, no es necesario tener un equipo de alto rendimiento, ya que ocupa un bajo porcentaje de ancho de banda, que es óptimo para realizar el tipo de comunicación y no está expuesto a una solicitud de datos.

8. Conclusiones

Con la transmisión de datos a través del protocolo AMQP, se logró la efectividad del proceso y el bajo consumo de ancho de banda para la transmisión de datos. De esta manera, el consumidor obtiene los resultados del rendimiento de las plantas en tiempo real en una interfaz visual a la que se puede acceder desde cualquier parte del mundo y, por lo tanto, evalúa la calidad del proceso de producción de las plantas.

La estructura de comunicación AMQP desarrollada, crea un control de calidad confiable, mediante un enrutamiento de mensajes ligeros y seguro, que permite visualizar en la historia el estado de cada producto en proceso. Pudo identificar los productos defectuosos, para la toma de decisiones y la corrección. Mantenimiento según el análisis respectivo.

La inspección de tráfico de datos muestra que hay menos errores de lectura, porque no hay mensajes reenviados al sistema. Esto indica que no se aprecia la pérdida de información utilizando el protocolo de información AMQP, obteniendo un rendimiento óptimo de mensajes por segundo a través de un intermediario de bajo costo.

Como investigación futura, se pretende evaluar el trabajo realizado con otros contextos de aplicación y, por lo tanto, determinar de acuerdo con las características de la comunicación, su capacidad para adaptarse a los procesos industriales. Para implementar aún más este método con otros tipos de protocolos de comunicación para realizar un análisis de tráfico de datos, la velocidad de transferencia y la capacidad de comunicarse para obtener ventajas en aplicaciones industriales para clasificar su utilidad en la industria de acuerdo con los resultados obtenidos.

Agradecimientos: *Los autores agradecen a la Universidad Técnica de Ambato (UTA) y a la Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE) por su apoyo en la realización del proyecto "Metodologías para el diseño de Fog Computing y controladores Inteligentes basados en IEC 61499"*

Referencias

Blackstock, M., & Lea, R. (2014). Toward a Distributed Data Flow Platform for the Web of Things (Distributed Node-RED). *Proceedings of the 5th International Workshop on Web of Things - WoT '14*, 34–39. https://doi.org/10.1145/2684432.2684439

Cai, Y., & Qi, D. (2015). Control protocols design for cyber-physical systems. *2015 IEEE Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)*, 668–671. https://doi.org/10.1109/IAEAC.2015.7428638

Fernandes, J. L., Lopes, I. C., Rodrigues, J. J. P. C., & Ullah, S. (2013). Performance evaluation of RESTful web services and AMQP protocol. *2013 Fifth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN)*, 810–815. IEEE.

García, M. V. (2018). *Metodologías para el diseño de sistemas de control distribuido bajo el estándar iec 61499 aplicados al control de procesos*. Retrieved from http://hdl.handle.net/10810/26649

González-Filgueira, G., & Permuy, F. J. R. (2018). Automatización de una planta industrial de alimentación mediante control distribuido. *RISTI-Revista Ibérica de Sistemas E Tecnologias de Informação*, (27), 1–17.

Hassan, M. M., Song, B., Hossain, M. S., & Alamri, A. (2014). *Efficient Resource Scheduling for Big Data Processing in Cloud Platform*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-11692-1_5

Heinonen, A. (2019). *Puukuivaamon käyttöliittymän suunnittelun kehitys*.

Magnoni, L. (2015). Modern Messaging for Distributed Sytems. *Journal of Physics: Conference Series*, *608*(1), 12038. https://doi.org/10.1088/1742-6596/608/1/012038

Piper Andy. (2013). Choosing Your Messaging Protocol: AMQP, MQTT, or STOMP - VMware vFabric Blog - VMware Blogs.

Povedano-Molina, J. (2014). *Una aproximación publicación/susbcripción centrada en datos para la provisión de servicios multimedia*. Universidad de Granada.

Pradilla Ceron, J. V. (2016). *SOSlite Soporte Para Sistemas Ciber- Físicos y Computación en la Nube*. 252. Retrieved from https://riunet.upv.es

Saad, M. K., Abed, R., & Hamad, H. M. (2010). Performance evaluation of restful web services for mobile devices. *Performance Evaluation of RESTful Web Services for Mobile Devices*.

Subramoni, H., Marsh, G., Narravula, S., Ping Lai, & Panda, D. K. (2008). Design and evaluation of benchmarks for financial applications using Advanced Message Queuing Protocol (AMQP) over InfiniBand. *2008 Workshop on High Performance Computational Finance*, 1–8. https://doi.org/10.1109/WHPCF.2008.4745404

Toapanta Guacapiña, A. P. (2018). *Sistema de monitorización para la industria 4.0. Un enfoque basado en sistemas ciberfísicos*. ETSI_Diseno.

Vanparia, P., Ghodasara, Y., & Donga, H. (2015). *Network Protocol Analysis with Wireshark*. (October).

Videla, A., & Williams, J. J. W. (2012). *RabbitMQ in action: Distributed messaging for everyone*. https://doi.org/10.1086/516594

Vigouroux, C. (2017). *Aprender a desarrollar con JavaScript (2a edición)*. Ediciones ENI.

Vinoski, S. (2006). Advanced message queuing protocol. *IEEE Internet Computing*, *10*(6), 87–89. https://doi.org/10.1109/MIC.2006.116

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 17/10/2019
Aceitação/Acceptance: 27/12/2019

MIDRA-OAA: Middleware Reflexivo Autonómico para la gestión de Objetos de Aprendizaje Adaptativos

Guevara Carlos[1], Aguilar Jose[2,3], García Rodrigo[4]

carlos.guevaraf@gmail.com, aguilar@ula.ve, rodrigogarcia@unisinu.edu.co,

[1] Centro de Investigaciones en Informática y Tecnologías de la Computación, Universidad Nacional Experimental de Guayana Ciudad Guayana, Venezuela.

[2] Centro de Estudios en Microelectrónica y Sistemas Distribuidos, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

[3] Departamento de Informática y Sistemas, Universidad EAFIT, Medellín, Colombia

[4] Facultad de ciencias e ingenierías, Universidad de Sinú, Montería, Colombia

Pages: 135–149

Resumen: En este artículo se presenta la arquitectura de un middleware reflexivo consciente del contexto basado en la computación autonómica y SOA, el cual tiene como objetivo proporcionar interoperabilidad, adaptabilidad, gestión, accesibilidad y reusabilidad de los Objetos de Aprendizaje Adaptativos (OAAs). El middleware incorpora un framework ontológico para la gestión del conocimiento, y está conformado por ciclos autonómicos de tareas de analítica de datos para el manejo de los OAAs, entre otras cosas. El middleware es capaz de manejar entornos ubicuos, monitorear el contexto, y adaptar el OAA de acuerdo al perfil del usuario y tecnológico determinado.

Palabras claves: middleware reflexivo; computación autonómica; ontología; análisis del contexto; objetos de aprendizaje adaptativo.

MIDRA-OAA: Autonomic Reflective Middleware for Adaptive Learning Object Management

Abstract: This article introduces a context-aware reflective middleware architecture based on autonomic computing and SOA, which aims to provide interoperability, adaptability, management, accessibility and reusability of Adaptive Learning Objects (ALOs). The middleware incorporates an ontological framework for knowledge management, and is made up of autonomic cycles of data analytic tasks for ALOs administration, among other things. The middleware is able to handle ubiquitous environments, monitor the context, and adapt the ALO according to the user and technological profile obtained.

Keywords*:* reflexive middleware; autonomic computing; ontology; context analysis; adaptive learning objects.

1. Introducción

Los OAs, entendidos como cualquier recurso digital que puede ser usado como soporte al aprendizaje (Wiley, 2000), y los Sistemas Gestores de Aprendizaje (LMS, por sus siglas en inglés), son algunas de las propuestas para desarrollar el e-learning. Por otro lado, la personalización del proceso de enseñanza/aprendizaje, adaptándolo a las necesidades particulares de cada aprendiz, así como al entorno virtual en donde se desarrolla, se plantea como un mecanismo para hacer de éste, más eficiente y productivo. En consecuencia, un servicio de personalización debe ser capaz de captar, procesar y analizar información del entorno virtual de aprendizaje (EVA) para generar planes de acción que le permita adecuarse a las características propias de cada proceso de enseñanza-aprendizaje.

Los OAs, como recurso fundamental dentro de los procesos educativos emergentes en entornos virtuales, deben responder a las necesidades de personalización, de allí la propuesta de los OAAs, como una iniciativa para desarrollar OAs conscientes del contexto. Los sistemas conscientes del contexto son sistemas con capacidad para examinar el entorno y reaccionar ante sus cambios (González, Carvajal, Cerón, & López, 2015). El uso del contexto es importante en procesos interactivos, tal como es el caso del e-learning, en donde el EVA cambia constantemente tanto por las características propias de cada usuario como por su ubicuidad.

La incorporación de la consciencia del contexto en OAAs, implica la adquisición, modelado, razonamiento semántico y difusión del contexto. Para ello, se requiere de un middleware gestor de los contextos, además, de la interoperabilidad y la integración de las diferentes aplicaciones, dispositivos, tecnologías, fuentes de conocimiento y ambientes de aprendizaje, en el mismo. Por tal motivo, en este artículo se presenta un middleware reflexivo consciente del contexto basado en la computación autonómica, que permite la interoperabilidad, adaptabilidad, gestión, y reusabilidad de los OAAs, llamado Middleware Reflexivo Autonómico para la Gestión de Objetos de Aprendizaje Adaptativos (llamado MIDRA-OAA).

2. Trabajos relacionadas

Son diversos los trabajos relacionados a nuestra propuesta. Entre estos, está el presentado por Aguilar (2011), quien desarrolla un sistema inteligente de búsqueda por contexto basado en una ontología, emplea un mecanismo de razonamiento basado en reglas para inferir patrones de comportamiento sobre Internet, pero se limita a la gestión de datos básicos del usuario y a reglas genéricas preestablecidas en el diseño. Por otro lado, en Vizcarrondo, Aguilar, Exposito & Subias (2012) se propone la arquitectura de un middleware reflexivo para el diagnóstico de composiciones de servicios totalmente distribuido. La arquitectura se basa en el enfoque de computación autonómica y la gestión de la base de conocimiento se realiza mediante un framework ontológico, sin embargo no especifica explícitamente el manejo de ubicuo del proceso. Sánchez, Aguilar, Cordero & Valdiviezo (2015) proponen un Middleware Reflexivo, cuyo objetivo es gestionar un EVA basado en el aprendizaje en la nube, que se modela utilizando un sistema multi-agente. El middleware gestiona los servicios educativos en la nube para mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes, ya sea de forma colaborativa

o individual, pero no considera el estilo de aprendizaje de los estudiante. A su vez, un framework para el aprendizaje a distancia es presentado por Barbosa, Fernandes, Texeira & Gomes (2015), compuesto por tres (03) dimensiones: Centro de Gestión, responsable de la administración de los recursos, base de datos, publicaciones y el control de acceso a los recursos; Interfaz Web, suministra la interfaz necesaria entre los usuarios y los recursos; y una capa de comunicación, la cual tiene la función de intermediar entre las aplicaciones; ahora bien, en la propuesta no especifican las características del enfoque autonómico señalado y no tiene capacidad reflexiva. Aguilar, Jerez, Exposito & Villemur (2015) proponen la arquitectura de un Middleware Reflexivo Autonómico Consciente del Contexto basado en la computación en la nube y autonómica; se fundamenta en siete (07) servicios web, para la Adquisición/Pre-configuración, Modelado, Razonamiento, Distribución, Verificación de inconsistencia, Seguridad y Gestor de servicios de contexto. Además, en Aguilar, Jerez & Rodríguez (2018) se propone la ontología para el modelado del contexto de ese middleware, sin embargo, no plantean ubicuidad en su propuesta.

Chang, Chen, Chen, Lu & Fang (2016), implementan un sistema de gestión de aprendizaje adaptativo basado en el modelo de estilo de aprendizaje (EA) de Felder y Silverman. Proponen una arquitectura de 3 capas: Presentación, utiliza una interfaz gráfica para permitir a los usuarios operar el sistema; Servicios, conformada por los agentes de gestión docente, adaptativo y de búsqueda; y Datos, formada por las BD de usuarios, contenidos y servicios web; ahora bien, no contemplan reflexividad y la captura del EA se realiza de forma manual. Durán, Unzaga & Alvarez (2017) desarrollan un esquema de personalización de servicios de recomendación en contextos ubicuos para aplicaciones de aprendizaje, consideran aspectos como OA según perfiles de los estudiantes, caminos de aprendizaje personalizados, entre otros. Plantean una arquitectura que abarca cuatro (04) dimensiones: los modelos (contexto de aprendizaje y contexto ubicuo); las ontologías de los modelos; los componentes de software (interfaz de usuario, adquisición de contexto ubicuo, análisis de petición de usuario, personalización y mantenimiento de los modelos); y el mundo exterior, refleja el ambiente de donde se conecta el usuario y los recursos que accede; pero no consideran capacidad reflexiva del middleware. Engelenburg, Janssen, & Klievink (2019) plantean un método para desarrollar aplicaciones conscientes del contexto. Analizan distintas definiciones de contexto, y presentan un formalismo para definirlo, a fin de disminuir la ambigüedad que argumentan encontrar en la literatura; pero su propuesta se limita a presentar un método para analizar el contexto.

Como se observa, en los trabajos anteriores, hay un esfuerzo para construir sistemas de aprendizaje ubicuo consciente del contexto, los cuales pretenden proporcionar un soporte de aprendizaje personalizado basado en las preferencias de los estudiantes, el estado de aprendizaje, las características de los contenidos de aprendizaje, y los entornos de aprendizaje, entre otros, con capacidad de reaccionar de forma autonómica a los cambios que se dan en el entorno. Sin embargo, ellos abordan dominios distintos a los OAAs. MIDRA-OAA es un middleware reflexivo basado en la computación autonómica, que a diferencia de los trabajos analizados, hace una propuesta integral que incorpora un framework ontológico para el manejo del contexto, e incluye tareas de análisis de datos para la gestión de los OAAs.

3. Aspectos teóricos Objetos de Aprendizaje Adaptativos

Diversas definiciones hay sobre OA, unas lo consideran en un sentido bastante amplio, al incluir en él a cualquier recurso, tanto digital como no digital, que pueda ser utilizado para el aprendizaje, educación o entretenimiento (IEEE, 2002), otras lo delimitan sólo a recursos digital (Gutierrez, 2008; Menéndez, Castellanos, Zapata, & Emilio Prieto, 2011). Los OAAs buscan incorporar mecanismos de inteligencia a los OA. Un OAA es "un recurso digital multimedia reusable, que puede ser utilizado en la instrucción y aprendizaje, el cual contiene metadatos para su descripción, y es capaz de adaptarse al contexto" (Guevara & Aguilar, 2016; Guevara, Aguilar, & Gonzalez-eras, 2017). La adaptación de un OA es un proceso complejo, recursivo y dinámico, en donde pueden sucederse varios tipos de adaptación en forma simultánea.

Un Modelo de OAA (MOAA) propuesto por Guevara & Aguilar (2016) se presenta en la Figura 1. Está compuesto por cuatro (04) elementos básicos: OA, componente a adaptar de acuerdo a la información obtenida del contexto; Unidades, pequeños bloques o fragmentos en que se descompone el OA; Reglas de Adaptación y de Conversión, que especifican, respectivamente, los ajustes estructurales o contextuales que se le realizan al OA; y Metadatos de Adaptación, que describe los datos y procesos requeridos para facilitar el proceso de adaptación de un OA. Las reglas de adaptación y de conversión del OAA interactúan de forma dinámica para lograr la adaptación semántica, de presentación del contenido, organización, o la customización del OA, o bien la combinación de varios o todos los anteriores, con el fin de adaptar el OA autonómicamente a determinados requerimientos del contexto.

Debido a las limitaciones que tiene el estándar IEEE-LOM (IEEE, 2002) para proveer información sobre los métodos y servicios requeridos para adaptar un OA, se propuso incorporar al estándar una extensión definida como Categoría 10, con el fin de facilitar la búsqueda, evaluación, recuperación y aplicación de los métodos de adaptación de un OAA (Guevara & José Aguilar, 2017), su modelo ontológico (OLOMCat10) se presenta en la Figura 2.

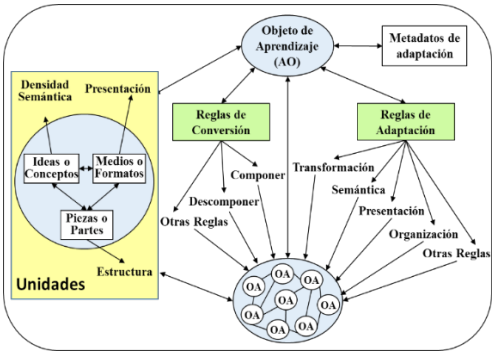


Figura 1 – Modelo Objeto de Aprendizaje Adaptativo

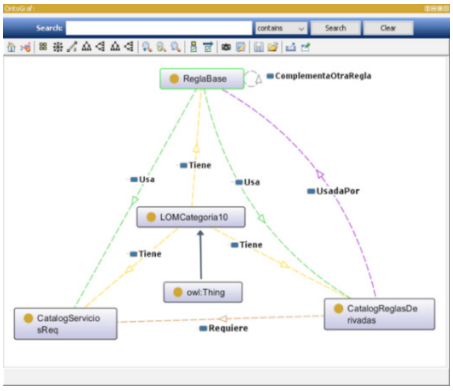


Figura 2 – Modelo Ontológico de la Extensión del Estándar LOM (OLOMCat10)

OLOMCat10 relaciona la Categoría 10 con 3 componentes principales: una regla base, un catálogo de reglas y uno de servicios. La regla base es la regla inicial que desencadena el proceso de adaptación del OAA. Los catálogos contienen información sobre las reglas y servicios, así como posibles direcciones virtuales en donde podrían encontrarse; su finalidad es la ubicuidad, independizando al OAA de las reglas de adaptación, así como de los servicios utilizados para adaptarlos.

4. Arquitectura Middleware Reflexivo Autonómico para OAA (MIDRA-OAA)

4.1. Arquitectura de MIDRA-OAA

La computación autonómica y la arquitectura SOA son la base de la arquitectura de MIDRA-OOA, y está formada por las capas que se muestran en la Figura 3.

Gestor de Recursos (recursos gestionados): en esta capa estarán todos aquellos recursos educativos digitales relacionados con el proceso de enseñanza-aprendizaje, tales como los OAs, los repositorios de OAs (ROA), los LMS, entre otros.

Puntos de Enlace: conjunto de sensores y actuadores que permiten obtener el contexto de usuario y tecnológico, así como a los recursos gestionados.

Gerentes Autonómicos: implementan los lazos de control inteligentes que automatizan la auto-regulación de los OAAs. Cada gerente autonómico se encarga de realizar de forma independiente una tarea específica a la vez. En particular, atiende solo un requerimiento de adaptación, pudiéndose combinar con otros gerentes de autonómicos para realizar adaptaciones más complejas de los OAAs.

Orquestador de Gerentes Autonómicos: ejecuta la composición de gerentes autonómicos a objeto de combinar distintas requisiciones, y así realizar adaptaciones más complejas de los OAA.

Manejador Manual: interfaz que permite la configuración manual de gestores autonómicos, usuarios o sensores.

Fuentes de Conocimiento: es un framework ontológico que brinda el conocimiento necesario para realizar la gestión autonómica de los OAAs. La base de conocimiento es alimentada básicamente por conocimiento proveniente de los Usuarios, de los recursos Tecnológicos, y de los Recursos Educativos y servicios.

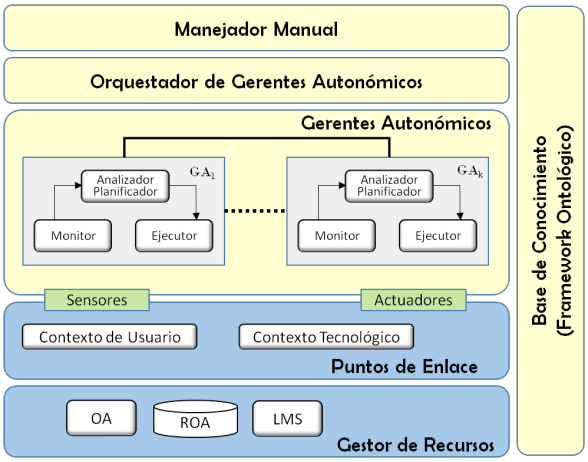


Figura 3 – Arquitectura base de MIDRA-OAA

Los gerentes autonómicos interactúan dinámicamente con el contexto de usuario, el contexto tecnológico, LMS, y recursos de aprendizaje, a los fines de realizar de forma autonómica las adaptaciones de los OAAs de acuerdo a los cambios detectados y al perfil, tanto del usuario como tecnológico.

MIDRA-OAA es un middleware reflexivo, compuesto por los dos (02) niveles clásicos reflexivos (ver Figura 3): Base (capas de color azul) y Meta (capas de color amarillo). A su vez, el Nivel Base está formado por dos (02) subcapas, la de *Gestor de Recursos* que maneja los recursos educativos digitales involucrados en el proceso de enseñanza-aprendizaje, tales como OAs, ROAs, LMSs, entre otros; y la de *Contexto* que gestiona lo concerniente al ambiente, tanto del usuario como el tecnológico. En este nivel se realiza la intersección para adaptar los OAAs. El Nivel Meta interactúa con el nivel base para monitorear el contexto y reflexionar sobre él, detectar cambios o requerimientos de adaptación, y actuar en consecuencia. Contiene lazos inteligentes de computación autonómica (CA), y un framework ontológico apoyado en la arquitectura SOA, que usa los estándares WSDL, UDDI, OWL, OWL-S y WS-BPEL para la orquestación de servicios.

4.2. Lazo inteligente en MIDRA-OAA

MIDRA-OAA define lazos inteligentes de CA conformados por tres (03) módulos, ubicados en el nivel meta del middleware reflexivo (ver Figura 3):

- Monitor (M): realiza la adquisición y modelado del contexto. Obtiene información, tanto del contexto de usuario como del tecnológico, tales como

características del aprendiz, contenidos de interés, características de los dispositivos de acceso de donde se realiza la conexión, entre otros.

- Analizador/Planificador (A/P): es el encargado de analizar la data recopilada, planificar las acciones de adaptación, y determinar las reglas a aplicar. Distintas estrategias de analítica de datos son empleadas en este módulo como servicios de análisis (SA), de acuerdo al requerimiento a ser atendido. Se apoya en el framework ontológico y en la extensión del estándar LOM (Categoría 10), para determinar reglas y servicios a aplicar en el proceso de adaptación del OAA.
- Ejecutor (E): ejecuta el plan diseñado en el paso anterior. Aplica las reglas y servicios requeridos para adaptar un OAA a las variaciones de contexto. Se apoya en los servicios de presentación (SP) para alcanzar su propósito.

4.3.Servicios en MIDRA-OAA

Para la gestión de los OAAs, MIDRA-OAA utiliza un sistema de servicios básicos que se agrupan en servicios de enlace, de análisis, y de presentación:

Los *servicios de enlace (SE)* facilitan la conexión de un OAA con el EVA, permitiendo obtener información del contexto, de los recursos disponibles para el aprendizaje, así como acceder a Reglas y Servicios para la adaptación del OAA.

Los *servicios de análisis (SA)* permiten analizar la data obtenida por los servicios de enlace, obtener patrones del contexto, y determinar requerimientos de adaptación. Los

Servicios de Enlace

Enrutadores	Conexión a Sistema Gestor de Aprendizaje (LMS) y repositorios de OA
	Conexión a Bibliotecas virtuales
	Conexión a Base de Conocimientos
	Conexión con catálogos de reglas y servicios
	Conexión al perfil de usuario y tecnológico
Buscadores	A lo interno de un OAA: busca piezas dentro del contenido de un OAA
	A lo externo de un OAA: busca contenidos en LMS, en la nube, bibliotecas virtuales y físicas, repositorios de datos
Lectores del Entorno	Adquirir contexto de usuario
	Adquirir contexto tecnológico

Servicios de Análisis

De Contenido	Ranquear un OAA
	Recomendar un OAA
	Resumir un OAA
	Determinar ideas principales de un OAA
	Determinar patrones
	Determinar complejidad semántica de un OAA
	Determinar nivel del léxico de un OAA
De Formato	Tipos
	Resolución
De Contexto	Analizar estilos de aprendizajes
	Analizar limitaciones y preferencias del usuario
	Analizar limitaciones y preferencias tecnológicas
	Evaluar configuración del punto de acceso
	Determinar requerimientos de adaptación

Servicios de Presentación

Extractores	Extraer texto, imágenes, audio y video de un OAA
	Extraer subtítulos y audio a un video
	Extraer estructura de un OAA
Integradores	Insertar texto, imágenes, audio y video a un OAA
	Insertar subtítulos y audio a un video
Customizadores	Configurar audio (volumen, nivel de calidad)
	Configurar video (resolución, colores)
	Configurar imágenes (resolución, colores)
	Configurar texto (color, tamaño, tipo de letra)
	Adecuar léxico del OAA
	Adecuar semántica del OAA
Traductores	Traducción de medios (audio a texto y viceversa)
	Traductores de idiomas
	Otras traducciones

Tabla 1 – Servicios SE, SA y SP del MIDRA-OAA

SA evalúan el contenido de un OA, determinan el estilo de aprendizaje de un aprendiz, analizan limitaciones y preferencias, tanto del usuario como tecnológicas. Se apoya en estrategias de analítica de datos para realizar su tarea.

Los *servicios de presentación (SP)* permiten adaptar el contenido, formato y estructura de un OAA, de acuerdo a los requerimientos obtenidos.

En la tabla 1 se presenta un conjunto de servicios de SE, SA y SP, no limitativo, definidos para MIDRA-OAA.

4.4. Framework ontológico de MIDRA-OAA

El framework ontológico gestiona el conocimiento utilizado por el middleware. Está formado por una ontología para el manejo de los metadatos de la extensión del estándar LOM, una ontología de contexto, y ontologías específicas para atender requerimientos particulares, apoyados en las especificaciones de los estándares de SOA, a saber WSDL, OWL-S, y WS-BPEL para la orquestación de servicios (ver figura 4). El framework ontológico facilita la integración de las distintas fuentes de conocimiento, además de proveer el razonamiento requerido por el MIDRA-OAA.

La Ontología Metadatos OAA (OLOMCat10) modela los metadatos de la extensión del estándar LOM, para más detalles consultar Guevara & José Aguilar (2017). Esta ontología provee información sobre los métodos y servicios requeridos para adaptar un OA. Para la definición conceptual y gestión del contexto se diseñó la ontología OContext-OAA. A continuación de describen sus componentes:

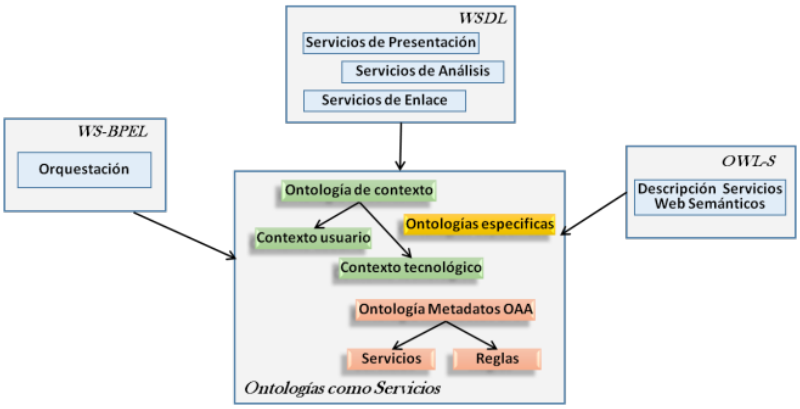


Figura 4 – MIDRA-OAA. Framework ontológico y SOA

Conceptos

- ContextoUsuario: contiene el estado y tiempo del usuario en el EVA
- Usuario: Identifica al usuario
- UsrPreferencias: especifica las preferencias del aprendiz
- UsrLimitaciones: especifica si el aprendiz presenta limitaciones de tipo verbal, visual, motriz, auditiva o de lectura

- UsrEstilo_de_Aprendizaje: especifica el estilo de aprendizaje del aprendiz
- RecursoInstruccional: registra los recursos instruccionales utilizados por el usuario. Está formado por:
  - OA: Objeto de Aprendizaje
  - OA_Especificaciones: indica las especificaciones de los OAs utilizados por el usuario. Para ello, se basa en las categorías 1 (General), 4 (Técnica), 5 (Educativo) y 9 (Clasificación) del standard IEEE-LOM
  - Página: describe páginas web visitadas por el usuario
  - Contenido: describe otros contenidos web utilizados por el usuario
- ContextoTecnologico: contiene el contexto tecnológico del EVA
- ComponenteFisico: caracteriza la capacidad instalada de computo (memoria, procesador), redes, dispositivos de entrada y salida, entre otras cosas. Considera:
  - CF_Equipamiento: Identifica el dispositivo y su capacidad física
  - CF_Localizacion: identifica la ubicación del equipo desde donde se realiza el acceso al EVA
- ComponenteVirtual: caracteriza la capacidad disponible de los dispositivos utilizados para accesar al EVA, así como la plataforma (hardware y software) y requerimientos de las aplicaciones utilizadas por el usuario. Considera:
  - Aplicación: identifica la plataforma de software disponible en el EVA
  - DispDisponible: Identifica la capacidad disponible de los dispositivos del EVA

Relaciones

- EsParteDeCTU: señala que un usuario es parte de un contexto de usuario.
- TienePerfil: un contexto de usuario corresponde a un perfil de usuario.
- Usa: un elemento (contexto de usuario) usa otro elemento (contexto tecnologico) para cumplir sus propósitos.
- EsUsadoPor: un contexto tecnológico es usado por un contexto de usuario.
- TieneComponenteFisico: relaciona el contexto tecnológico con los componentes físicos
- TieneComponenteVirtual: relaciona el contexto tecnológico con los componentes virtuales.
- TieneEspecifGeneral: vincula al OA con la información general que describe el objeto educativo en su conjunto, de acuerdo a la categoría 1 del standard LOM.
- TieneEspecifTecnica: vincula al OA con los requisitos y características técnicas del objeto educativo, de acuerdo a la categoría 4 del standard LOM.
- TieneEspecifEducativo: vincula al OA con las características educativas o pedagógicas, de acuerdo a la categoría 5 del standard LOM.
- TieneEspecifClasificacion: vincula al OA con las especificaciones que muestran dónde se sitúa el objeto educativo dentro de un sistema de clasificación concreto, de acuerdo a la categoría 9 del standard LOM.

- TieneRequisito: relaciona la categoría 4 (Técnica) del standard LOM con los requisitos y características técnicas del objeto educativo.
- TieneEstiloAprendizaje: establece que un usuario o aprendiz tiene un estilo de aprendizaje.
- TieneLimitaciones: establece si un usuario o aprendiz tiene algún tipo de limitación, tales como visual, auditiva, motriz, verbal y/o de lectura.
- TienePreferencias: establece que un usuario o aprendiz tiene preferencias, tales como idioma, contenidos y/o formato de presentación de los OAs
- UtilizaRecursosInstruc: indica que en el contexto de usuario se utilizan recursos instruccionales.
- RecursoInstrEsUtilizadoEn: Los recursos instruccionales son utilizados por el usuario o aprendiz en un contexto de usuario

Axiomas

A continuación se presentan algunos axiomas definidos en OContext-OAA

- Todo usuario tiene solo un UserId:

$$\forall x \in Usuarios, \quad \exists UserId \subset x \ni |UserId| = 1$$

- Todo usuario forma parte de un contexto de usuario:

$$\forall x \in Usuarios, \exists y \in Contexto\ de\ Usuario \ni x \subseteq y$$

- Sea “x” un Usuario, “y” un OA, si el idioma de preferencia de “x” es diferente al idioma de “y”, entonces se Requiere Traducir “y”:

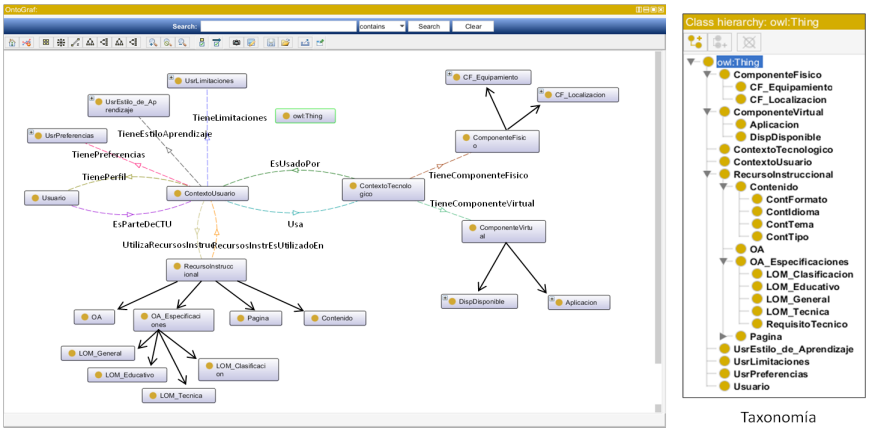
$$\exists x \in Usuarios, \exists y \in OA, Si\ idioma\ de\ x \neq idioma\ de\ y \Rightarrow ReqiereTraducir\ y$$

- Sea “x” es un recurso instruccional y si el ancho de banda disponible es menor del 15%, entonces Bajar resolución de x:

$$\exists x \in RecursosInstruccionales, y = Ancho\ de\ Banda\ disponible, Si\ y < 15\% \Rightarrow Bajar\ Resolucion\ de\ x$$

En general, la ontología OContext-OAA presenta una caracterización semántica del contexto de los OAAs. Una de las características de OContext-OAA es la consideración de recursos instruccionales entre sus componentes, en particular, la incorporación de especificaciones de los OAs de acuerdo a lo establecido en el estándar IEEE-LOM. En la Fig. 5 se muestra el modelo ontológico y la taxonomía de la ontología OContext-OAA, construida utilizando el programa Protegé.

Las ontologías específicas se incorporan para contribuir con el análisis semántico y responder a preguntas relacionadas con los requerimientos de adaptación, tales como determinar estilos de aprendizaje, preferencias o limitaciones del usuario u horarios de mayor o menor disponibilidad de ancho de banda, etc.



Modelo Ontológico

Taxonomia

Figura 5 – OContext-OAA - Ontología de Contexto de un OAA

5. Caso de estudio

Con el fin de mostrar el funcionamiento de la propuesta, se plantea un caso de estudio que se describe a continuación:

Escenario
Idioma preferencia del usuario: inglés
Idioma del OA: español
Disp. de ancho banda: 10%

Requerimientos de adaptación
A. Traducir el idioma del OA de español a inglés
B. Bajar la resolución del OA

Aplicando MIDRA-OAA

1. Adquirir el contexto de las fuentes de conocimiento, tanto de la nube como de punto de acceso, utilizando servicios de enlace (introspección).
2. Modelar el contexto y cargar en la ontología OContext-OAA

Adaptación A

3. Utilizando la ontología OContext-OAA
   3.1. Determinar el status del usuario aplicando la regla descrita en SRWL: Usuario(?x), EsParteDeCTU(?x,?y), CTU_Status(?y,?status) -> StatusDelUsuario(?x, ?status)
   3.2. Determinar si se requiere traducir el OA aplicando la regla: Usuario(?x), OA(?y), TienePreferencias(?x,?z), TieneEspecifGeneral(?y,?w), UsrPref_Idioma(?z,?idioma), LOMGeneral_Idioma(?w,?idioma2), DifferentFrom (?idioma1, ?idioma2) -> RequiereTraducir(?x, ?y)
4. Utilizando la ontología OLOMCat10
   4.1. Obtener del catálogo de reglas, la regla o procedimiento para traducir el OA
   4.2. Obtener del catálogo de servicios, el que traduzca OA del español a ingles
   4.3. Ejecutar la traducción en el OA (intersección)

Adaptación B

5. Utilizando la ontología OContext-OAA
   5.1. Determinar si se requiere ajustar la resolución del OA aplicando la regla descrita en SRWL:
   RecursoInstruccional(?x), RecursoInstrEsUtilizadoEn(?x,?y), Usa(?y,?z), TieneComponenteVirtual(?z,?w), DD_AnchoBanda(?w,?disp_AB), lessThan(?disp_AB,"15") -> BajarResolucion(?x, true)
6. Utilizando la ontología OLOMCat10
   6.1. Obtener del catálogo de reglas, la regla o procedimiento que permita cambiar resolución del OA
   6.2. Obtener del catálogo de servicios, el servicio que cambie resolución del OA
   6.3. Ejecutar cambio de resolución (intersección)

Resultado

1. Se tradujo el idioma del OA del español a inglés
2. Se modificó la resolución del OA
3. Se determinaron los requerimientos de adaptación A y B, usando el framework ontológico,
4. Se realizaron de forma independiente y coordinadas por un orquestador, las adaptaciones A y B

6. Resultados y discusión

En la Tabla 2 se presenta la comparación de algunos trabajos relacionados con nuestra propuesta y MIDRA-OAA, basada en los siguientes criterios: 1) Definición del dominio de conocimiento que aborda la propuesta, 2) Descripción detallada del middleware propuesto, 3) Integración de diversas fuentes de conocimiento, 4) Presentación de mecanismos para gestionar el contexto, 5) Capacidad reflexiva del middleware, 6) Capacidad de adaptación autonómica, 7) Facultad para la gestión de entornos ubicuos.

Trabajos Relacionados	Criterios						
	1	2	3	4	5	6	7
(Aguilar, 2011)	X	X		X		X	
(Vizcarrondo, Aguilar, Exposito, & Subias, 2012)	X	X	X		X	X	
(Barbosa, Fernandes, Texeira, & Gomes, 2015)	X	X				X	X
(Aguilar, Jerez, Exposito, & Villemur, 2015)	X	X	X	X	X	X	
(Chang, Chen, Chen, Lu, & Fang, 2016)	X	X	X	X		X	
(Durán, Unzaga, & Alvarez, 2017)	X	X	X	X		X	X
(Engelenburg, Janssen, & Klievink, 2019)	X						
MIDRA-OAA	X	X	X	X	X	X	X

Tabla 2 – Comparación MIDRA-OAA con otros trabajos

Los trabajos revisados están orientados, unos a proponer middleware conscientes del contexto, otros a analizar el contexto en areas especificas del conocimiento. Sin embargo, ninguno están orientados al dominio de los OAAs.

Entre las ventajas de nuestra propuesta sobre los trabajos revisados, se tiene: 1) Centra el interés en la gestión de OAAs, considerando el estándar LOM, 2) Presenta un middleware autonómico reflexivo de dos (02) capas (base y meta), el cual permite integrar distintas tecnología para facilitar la gestión de OAAs, 3) Desarrolla una ontología para el manejo del contexto que incorpora especificaciones de los OAs de acuerdo al estándar IEEE-LOM, 4) Permite la integración de diversas fuentes de conocimiento usando el framework ontológico, así como el análisis semántico del contexto, 5) Describe lazos autonómicos para la gestión de OAAs, que permiten su adaptación, 6) Considera el manejo del contexto de un OAA de forma ubicua.

7. Conclusiones

Este trabajo presenta la arquitectura de un middleware autonómico reflexivo consciente del contexto para la gestión de OAAs en un EVA, denominado MIDRA-OAA. El middleware fue construido basado en la computación autonómica, la reflexión computacional, y el paradigma SOA. Está compuesto principalmente por un framework ontológico para la gestión del conocimiento, integrado por la ontología de contexto (OContext-OAA), la ontología para el manejo de los metadatos de la extensión del estándar LOM (OLOMCat10), y ontologías específicas para atender requerimientos particulares de adaptación. Además, posee ciclos autonómicos de análisis de datos y un sistema de servicios agrupados en servicios de enlace, de análisis, y de presentación, que apoyan la gestión de los OAAs.

MIDRA-OAA integra los beneficios de la computación autonómica, las capacidades de la reflexividad y la consciencia del contexto para proporcionar a los OAA la cualidad de adaptarse al perfil del aprendiz y a las particularidades tecnológicas, a fin de facilitar el proceso de aprendizaje y hacer el EVA más productivo. La ubicuidad es otro de aspectos que se incorpora en MIDRA-OAA, brindándole al usuario flexibilidad, movilidad e independencia del EVA. MIDRA-OAA es un elemento fundamental para un sistema recomendador inteligente como el presentado en Aguilar, Valdiviezo-Díaz & Riofrio (2017), el cual requiere de OAA que se puedan adecuar en tiempo real a las características del contexto (usuarios, cursos, canal usado, etc.).

A fin de dar continuidad a esta investigación, existen trabajos futuros por desarrollar, entre los que se encuentran la construcción de un prototipo de MIDRA-OAA, y en particular, el desarrollo de ciclos autonómicos de análisis de datos, y la especificación de tareas de analítica de aprendizaje para el análisis del contexto, entre otros, basados en trabajos como el de Aguilar, J., Sanchez M., Cordero J., et al. (2018).

Referencias

Aguilar, J. (2011). Sistema semántico para la búsqueda inteligente de información por contexto para la Web. *Revista Ciencia e Ingeniería., 32*(3), 141-152.

Aguilar, J., Jerez, M., Exposito, E., & Villemur, T. (2015). CARMiCLOC: Context Awareness Middleware. *Proceedings of 2015 Latin American Computing Conference, (CLEI 2015)*, (págs. 1-10). Arequipa, Peru.

Aguilar, J., Valdiviezo-Díaz, P. , Riofrio G. (2017). A general framework for intelligent recommender systems, *Applied Computing and Informatics 13*(2), 147–160.

Aguilar, J., Jerez, M., & Rodríguez, T. (2018). CAMeOnto: Context awareness meta ontology modeling. *Applied Computing and Informatics, 14*(2), 202–213.

Aguilar, J., Sanchez M., Cordero J., Valdiviezo P., Barba L., Chamba L. (2018). Learning Analytics Tasks as Services in Smart Classroom, *Universal Access in the Information Society Journal*, Springer, 17 (HYPERLINK "https://link.springer.com/journal/10209/17/4/page/1" 4), 693–709,

Barbosa, A., Fernandes, R., Texeira, C., & Gomes, E. (2015). BIG-INVENTE, towards an adaptive learning approach for distance education using data mining technologies and big data. *Conexões-Ciência e Tecnologia, 9*(1). Recuperado el 22 de 06 de 2018, de http://www.conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/view/730/554

Chang, Y., Chen, Y., Chen, N., Lu, Y., & Fang, R. (2016). Yet another adaptive learning management system based on Felder and Silverman's learning styles and Mashup. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 12*(5), 1273-1285. Recuperado el 10 de 07 de 2018, de https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1512a

Durán, E., Unzaga, S., & Alvarez, M. (2017). Personalización de servicios para aplicaciones de aprendizaje ubicuo. *RevistaVirtu@lmente, 5*(2), 7-25. Recuperado el 22 de 5 de 2018, de https://journal.universidadean.edu.co/index.php/vir/article/view/1945/1750

Engelenburg, S., Janssen, M., & Klievink, B. (2019). Designing context-aware systems: A method for understanding and analysing context in practice. *Journal of Logical and Algebraic Methods in Programming*, 79-104. Recuperado el 1 de 3 de 2019, de https://doi.org/10.1016/j.jlamp.2018.11.003

González, K., Carvajal, M., Cerón, G., & López, D. (2015). Modelado de un sistema consciente del contexto para soportar intervenciones en actividad física y nutrición saludable.

Guevara, C., & Aguilar, J. (2016). Modelo de Objeto de Aprendizaje Adaptativo para Entornos Virtuales. *Proceedings of the 2016 XLII Latin American Computing Conference (CLEI)*, (págs. 419-428).

Guevara, C., & José Aguilar, J. (2017). Modelo Ontológico del Estándar LOM Extendido para la Gestión de Objetos de Aprendizaje Adaptativos. En *Avances en Ciencia e Ingeniería* (págs. 316-325). Merida: Publicaciones Vicerrectorado Académico de la Universidad de Los Andes.

Guevara, C., Aguilar, J., & Gonzalez-eras, A. (2017). The Model of Adaptive Learning Objects for virtual environments instanced by the competencies. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal, Vol 2*(No 3), 345-355. Obtenido de http://astesj.com/v02/i03/p44/

Gutierrez, I. (2008). Usando Objetos de Aprendizaje en Enseñanza Secundaria Obligatoria. *EDUTEC- Revista Electrónica de Tecnología Educativa, Nro 27*(Noviembre 2008), pp. 1-17. Recuperado el 03 de 11 de 2015, de http://edutec.rediris.es/Revelec2/revelec27/articulos_n27_PDF/Edutec-E_IGutierrez_n27.pdf

Huebscher, M., & Mccann, J. (2007). *A survey of Autonomic Computing degrees, models and applications*. London: Imperial College.

IBM. (2005). An architectural blueprint for autonomic computing. *Autonomic Computing, Third Edition*, 1-35. Recuperado el 23 de 11 de 2017, de www-03.ibm.com/autonomic/pdfs/AC Blueprint White Paper V7.pdf

IEEE. (2002). *Standard for Learning Object Metadata. Final Draft Standard* . Recuperado el 11 de 10 de 2015, de IEEE Learning Technology Standards Committee (IEEE-LTSC): http://grouper.ieee.org/groups/ltsc/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf

Menéndez, V., Castellanos, M., Zapata, A., & Emilio Prieto, M. (2011). Generación de Objetos de Aprendizaje empleando un enfoque asistido. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, Nro 38*(Julio-Diciembre 2010), pp. 141-153. Recuperado el 02 de 11 de 2015, de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36816200011

Sánchez M., Aguilar, J., Cordero J., Valdiviezo P. (2015) Basic features of a Reflective Middleware for Intelligent Learning Environment in the Cloud (IECL)", *Proceeding of the Asia-Pacific Conference on Computer Aided System Engineering (APCASE)*.

Vizcarrondo, J., Aguilar, J., Exposito, E., & Subias, A. (2012). ARMISCOM: Autonomic Reflective MIddleware for management Service COMposition. *Proceedings of the 4th Global Information Infrastructure and Networking Symposium (GIIS)*. Choroni, Venezuela.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 15/09/2019
Aceitação/Acceptance: 03/11/2019

Análisis de las contradicciones en las competencias profesionales en los textos digitales usando lógica dialéctica

Alexandra González-Eras[1,2], Ricardo Dos Santos[2], Jose Aguilar[2]

acgonzalez@utpl.edu.ec, ricardojdsg@gmail.com, aguilar@ula.ve

[1] Universidad Técnica Particular de Loja, Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica, San Cayetano Alto, 1101608, Loja, Ecuador.

[2] CEMISID, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes, Núcleo La Hechicera, 51010, Mérida, Venezuela.

Pages: 150–163

Resumen: Este trabajo propone el análisis de la contradicción o ambivalencia que se encuentran en los perfiles profesionales publicados en medios digitales (por ejemplo, páginas web o redes sociales), mediante un modelo de axiomas fundamentados en dos tipos de fenómenos dialécticos, el fallo de la presuposición y el razonamiento contrafáctico. Además, el modelo considera medidas de similitud léxicas y semánticas en su proceso de análisis El modelo se valida contra un modelo no dialéctico tomado como referencia, usando tesauros de conocimientos y habilidades, y métricas de Completitud y Robustez como medida de rendimiento. Los resultados obtenidos muestran que la utilización de modelos dialécticos de este tipo se requiere, si se quiere tener una adecuada interpretación de los perfiles profesionales digitales usando mecanismos de razonamiento computacional.

Palabras-clave: procesamiento de lenguaje natural, lógica dialéctica, razonamiento ambiguo, DISCO, BLOOM, RM3.

Analysis of the contradictions in the professional competences in digital texts using dialectical logic

Abstract: This work proposes the analysis of the contradiction or ambivalence found in the professional profiles published in digital media (for example, web pages or social networks), by means of a model of axioms based on two types of dialectical phenomena, the failure of the presupposition and the counterfactual reasoning. In addition, the model considers lexical and semantic similarity measures in its analysis process. The model is validated against a non-dialectical model taken as a reference, using thesauri of knowledge and skills, and metrics of Completeness and Robustness as a measure of performance. The obtained results show that the use of dialectical models of this type is required, in order to have an adequate interpretation of digital professional profiles using computational reasoning mechanisms.

***Keywords**:* natural language processing, dialectical logic, ambiguous reasoning, DISCO, BLOOM, RM3.

1. Introducción

En la actualidad, la gestión de competencias encuentra complicaciones para entender cuál es el significado real de una competencia en un perfil profesional digitalizado. Una de las principales limitaciones del análisis de competencias es la interpretación que una competencia puede tener en diferentes contextos, lo cual puede conllevar a más de un significado al mismo tiempo. Se han utilizado modelos semánticos en un intento de representar las competencias y sus principales componentes, la habilidad y el conocimiento, pero estos esquemas no pueden manejar la complejidad dialéctica de las competencias (Sateli, 2017).

En particular, desde el ámbito de la Web Semántica, las ontologías han sido usadas para modelar las competencias en base a la Lógica Descriptiva, la cual describe una proposición o evento con valores de verdadero o falso, pero no ambos a la vez. En consecuencia, estos modelos no son eficientes para la representación de la ambigüedad en las competencias profesionales. Por otro lado, la lógica dialéctica permite modelar estos aspectos de ambigüedad, tal que la ambivalencia es permitida y, por lo tanto, no limita el análisis de las competencias.

El propósito del presente trabajo es determinar el alcance de la lógica dialéctica en el análisis de competencias. Para ello, se desarrolla un modelo dialéctico para la representación de la ambigüedad semántica en las competencias, presentes en los perfiles profesionales digitales. En primer lugar, se identifican los casos de ambigüedad que se pueden presentar desde la óptica de la lógica dialéctica en las competencias, para después crear un modelo de conocimiento basado en axiomas dialécticos. Con el modelo dialéctico y medidas de similitud léxicas y semánticas, se propone un esquema de análisis de competencias para perfiles profesionales digitales. Posteriormente, se realizan experimentos con el esquema de análisis de competencias sobre perfiles profesionales recolectados del Internet, para analizar los casos donde el modelo dialéctico es útil. Para la evaluación del modelo dialéctico se usan medidas de rendimiento sobre los axiomas, basadas en la Completitud y Robustez del modelo para el reconocimiento de sucesos dialécticos.

2. Lógica Dialéctica y la ambigüedad de las competencias

La gestión de competencias en los contextos académicos y laborales se basan en procesos dinámicos diferentes, debido a las diversas interpretaciones que ambos contextos tienen acerca de las competencias (Malzhan, 2013), lo que impide establecer alineamientos entre los perfiles académicos y profesionales (Dorn, 2007). Esto en parte se debe la ambigüedad presente en los anuncios de los perfiles profesionales.

Los lenguajes formales de representación del conocimiento, como la Lógica de Primer Orden (First Order Logic) o la Lógica Descriptiva (Descriptive Logic), no representan

los casos de contradicción existentes en un contexto (Aguilar, 2011), Puerto, 2012). En cambio, los modelos de Lógica Dialéctica describen las ambigüedades lingüísticas mediante axiomas que pueden ser verdaderos o falsos al mismo tiempo (Maybee, 2016). De esta manera, los axiomas dialécticos permiten que las contradicciones y ambivalencias sean válidas dentro de un modelo formal (Pulcini, 2018). Según (Sutcliffe, 2017), existen los siguientes fenómenos dialécticos: vaguedad, fallo de una presuposición, razonamiento contrafáctico, discurso ficticio y declaraciones contingentes sobre el futuro. En particular, en este trabajo trabajaremos los casos de ambigüedad dialéctica siguientes:

- ***Fallo de una presuposición*** implica la suposición de algo que no es realmente cierto (Beaver, 1997). En el caso del ejemplo de la Tabla 1, se muestra el verbo "diseñar" y sus sinónimos, según el tesauro BLOOM definido en (González-Eras & Aguilar, 2019). Cada sinónimo aporta un significado diferente a la frase, ya que cada uno pertenece a un nivel cognitivo diferente (inferior, superior). Por ejemplo, en el caso de la competencia "diseñar aplicaciones móviles", según los sinónimos del verbo, la competencia se encuentra en varios niveles cognitivos a la vez. Estas contradicciones representan fallos de presuposición, ya que generan múltiples valores de verdad según la base de conocimiento (tesauro) que se utilice como contexto de referencia, lo que puede producir planteamientos erróneos de competencias y dominios de competencias en los perfiles profesionales.

Habilidad	Sinónimo	Nivel cognitivo	Proceso Cognitivo
Diseñar	Bosquejar	Conocimiento	Inferior
	Trazar	Aplicación	Inferior
	Planear	Síntesis	Superior

Tabla 1 – Casos de Fallo de una presuposición

- ***Razonamiento contrafáctico*** es el caso donde el significado de las afirmaciones causales se puede explicar en términos de condicionales contrafactuales de la forma "Si A no hubiera ocurrido, C no habría ocurrido" (Menzies, 2001). En el contexto de las competencias, se aplica el razonamiento contrafáctico en los supuestos o hipótesis que se realizan al alinear términos de competencias con los términos de tesauros según medidas de similitud léxicas, y establecer umbrales para determinar similitudes altas. Siguiendo el análisis realizado en la Tabla 2, vamos a plantear la siguiente hipótesis: "Un término y un tópico de un tesauro de competencias pertenecen al mismo dominio de conocimiento cuando la medida de similitud entre ellos supera el límite de 0.45". Como se observa en la Tabla 2, para los tres casos propuestos, dos pertenecen al mismo dominio porque la medida de similitud supera el umbral de 0.45. Pero si cambiamos el valor límite a 0.51, vemos que solo el caso "software" versus "Programación" cumple con la hipótesis. Ahora, el valor del umbral es subjetivo, causando errores y ambivalencias en la interpretación de la pertenencia de un término a un dominio de conocimiento.

Término	Tópico	Dominio	Similitud
Software	depuración de software	Programación	0.53
	Instalación de software	Instalación y configuración de TI	0.50
	Desarrollo de aplicaciones de software	Desarrollo de software	0.41

Tabla 2 – Casos de Razonamiento contrafáctico

3. Modelo de conocimiento

A continuación, se presentan los casos de ambigüedad dialéctica de fallo en la presuposición y razonamiento contrafáctico (Tablas 1 y 2), usando el modelo RM3 propuesto en (Sutcliffe, 2017). Los casos dialécticos se describen basados en 3 componentes: axiomas, que corresponden a las reglas dialécticas que los definen; hechos, que son las entradas al modelo desde las instancias extraídas de los perfiles profesionales digitales; y conjeturas, que se activan durante el razonamiento para realizar la interpretación de los perfiles profesionales digitales.

Para ello, se analizan los dos casos de ambigüedad dialéctica aplicados a términos de conocimiento y habilidad en dos tesauros, DISCO II (para conocimiento) y BLOOM (para habilidad) (González-Eras & Aguilar, 2019), con el fin de identificar la ambigüedad semántica presente para el alineamiento entre términos de competencias y los tópicos en los tesauros.

3.1. Caso 1: Tesauro DISCO II

En el primer caso, abordamos la contradicción que existe en cuanto a la pertenencia de un término de conocimiento a un tópico de un tesauro, tomando a DISCO II como tesauro de referencia (González-Eras & Aguilar, 2018). Los axiomas se definen entorno al siguiente problema (que fue explicado en la Tabla 2):

Si el término T tiene una medida de similitud Ms con un tópico Tr mayor al umbral Us, entonces pertenece al tópico raíz del tesauro TD.

En la Tabla 3 se observan los 4 axiomas que lo describen, los cuales están relacionados entre sí, de tal forma que para que se cumpla un axioma, deben cumplirse los axiomas relacionados. Por ejemplo, el axioma *"terminoPerteneceTopicos"* requiere del cumplimiento de los axiomas *"términoPerteneceTopico", "terminoPerteneceVariosTopicos" y "terminoPerteneceAlgunTopico"*. Con estas relaciones, se describe que un término T pertenece a varios tópicos del tesauro si la medida de similitud es mayor que el umbral establecido.

Problema: Si el término T tiene una medida de similitud Ms contra un tópico Tr mayor al umbral Us entonces pertenece al tópico raíz del tesauro.	
Axiomas	fof(terminoPerteneceTopico,axiom,(! [T,Tr,Ms,Us] : ((medidaRelacion(T, Tr, Ms) & esMayor(Ms, Us)) => terminoPerteneceTopico(T, Tr)))). fof(terminoPerteneceAlgunTopico,axiom,(! [T,Tr] : ((terminoPerteneceTopico(T , Tr)) => terminoPerteneceAlgunTopico(T)))). fof(terminoPerteneceTopicos,axiom,(! [T,Tr1,Tr2] : ((terminoPerteneceTopico(T , Tr1) & terminoPerteneceTopico(T , Tr2)) => terminoPerteneceTopicos(T,Tr1,Tr2)))). fof(terminoPerteneceVariosTopicos,axiom,(! [T,Tr1,Tr2] : ((terminoPerteneceTopicos(T,Tr1,Tr2)) => terminoPerteneceVariosTopicos(T)))).
Hechos	fof(medidaRelacion1, axiom, medidaRelacion(software, programacion, s0_48)). fof(medidaRelacion2, axiom, medidaRelacion(software, depuracion_de_software, s0_52)). fof(medidaRelacion3, axiom, medidaRelacion(software, instalacion_de_software, s0_30)). fof(umbral, axiom, umbral = s0_45). fof(esMayor1, axiom, esMayor(s0_48 , umbral)). fof(esMayor2, axiom, esMayor(s0_52 , umbral)). fof(esMayor3, axiom, esMayor(s0_30, umbral)).
Conjeturas	Si “SZS status Theorem for FOF” término pertenece al tópico fof(conjetura1,conjecture, (terminoPerteneceTopico(software,programacion))). Si “SZS status Theorem for FOF” término pertenece a algún tópico fof(conjetura2,conjecture, (terminoPerteneceAlgunTopico(software))). Si “SZS status Theorem for FOF” término pertenece a los dos tópicos fof(conjetura3,conjecture, (terminoPerteneceTopicos(software,programacion,depuracion_de_software))). Si “SZS status Theorem for FOF” término pertenece a varios tópicos fof(conjetura4,conjecture, (terminoPerteneceVariosTopicos(software))).

Tabla 3 – Axiomas Caso 1

3.2. Caso 2: tesauro BLOOM

Para el segundo caso, consideramos la ambigüedad que existe entre términos de habilidades cuando pertenecen a dos niveles cognitivos distintos, esto se da debido los sinónimos que tiene un término, y a los niveles cognitivos que pertenecen estos sinónimos. El tesauro con el cual realizamos este análisis es con el tesauro BLOOM que se explica en (González-Eras & Aguilar, 2019), el cual presenta estas contradicciones. En particular, proponemos axiomas para los siguientes problemas, tal como se explica en la Tabla 1:

Si el término Th es sinónimo del término del tesauro Tb y Th y Tb tienen el mismo nivel cognitivo Nc, entonces Th tiene un solo nivel cognitivo Nc.

Si el término Th es sinónimo del término del tesauro Tb y Th pertenece al nivel cognitivo Nc1 y Tb pertenece al nivel cognitivo Nc2, entonces Th tiene varios niveles cognitivos.

En la Tabla 4 presentamos el siguiente modelo dialéctico: el axioma *"terminoPerteneceIgualNivelCognitivo"* establece la relación de inclusión del término dentro del grupo de términos pertenecientes a un nivel cognitivo, según si Th es sinónimo del término del grupo Tb; y el axioma *"terminoPerteneceVariosNivelesCognitivos"* establece que el término Th al ser sinónimo del término Tb, que pertenece a un diferente grupo de nivel cognitivo, también se considera dentro del grupo de nivel cognitivo de Tb. De esta forma, se identifica la contradicción del término Th sobre el nivel cognitivo al que pertenece.

Problema:	**Problema 1: Si el término Th es sinónimo del término del tesauro Tb y Th y Tb tienen el mismo nivel cognitivo Nc, entonces Th tiene un solo nivel cognitivo Nc. Problema 2: si el término Th es sinónimo del término del tesauro Tb y Th pertenece al nivel cognitivo Nc1 y Tb pertenece al nivel cognitivo Nc2 entonces Th tiene varios niveles cognitivos.**
Axiomas	fof(terminoPerteneceIgualNivelCognitivo,axiom,(! [Th,Tb,Nc] : ((esSinonimo(Th,Tb) & perteneceNivelCognitivo(Th,Nc)& perteneceNivelCognitivo(Tb,Nc)) => terminoPerteneceIgualNivelCognitivo (Th, Tb, Nc)))). fof(terminoPerteneceVariosNivelesCognitivos,axiom,(! [Th,Tb,Nc1,Nc2] : ((esSinonimo(Th,Tb) & perteneceNivelCognitivo(Th,Nc1)& perteneceNivelCognitivo(Tb,Nc2)) => terminoPerteneceVariosNivelesCognitivos (Th, Tb, Nc1, Nc2)))).
Hechos	fof(esSinonimo1, axiom, esSinonimo(disenar, bosquejar)). fof(esSinonimo2, axiom, esSinonimo(disenar, planear)). fof(perteneceNivelCognitivo1, axiom, perteneceNivelCognitivo(disenar, sintesis)). fof(perteneceNivelCognitivo2, axiom, perteneceNivelCognitivo(bosquejar,conocimiento)). fof(perteneceNivelCognitivo3, axiom, perteneceNivelCognitivo(planear, aplicacion)).
Conjeturas	Si "SZS status Theorem for FOF" término pertenece a igual nivel cognitivo fof(conjetura1,conjecture, (terminoPerteneceIgualNivelCognitivo(disenar,planear,sintesis))). Si "SZS status Theorem for FOF" término pertenece a varios niveles cognitivos fof(conjetura2,conjecture, (terminoPerteneceVariosNivelesCognitivos(disenar, bosquejar, sintesis, conocimiento))).

Tabla 4 – Axiomas Caso 2

3.3. Validación del modelo

El proceso de validación inicia con la aplicación de los axiomas de los casos 1 y 2 para cada término de habilidad y conocimiento de los perfiles profesionales, utilizando como punto de comparación los tesauros DISCO II y BLOOM) (ver (González-Eras & Aguilar 2015), (González-Eras & Aguilar 2019) para más detalles de los tesauros), considerando en el caso 1 una medida de similitud léxica para establecer la relación existente entre el término de conocimiento del perfil profesional (T) y los términos del tesauro DISCO II (Tr), según el coeficiente de Sorensen (ecuación (1)), que determina cercanías según la similitud de los pares de caracteres de los términos (Alqadah, 2011); y, en el caso 2 se determina la pertenencia del término de habilidad a un nivel cognitivo (tópico raíz del subárbol del tesauro BLOOM), si se encuentra incluido dentro de su grupo de verbos relacionados (nivel 1 del tesauro BLOOM) o de sus sinónimos (nivel 2 del tesauro BLOOM).

Como resultado, se reconocen dos tipos de sucesos: los sucesos dialécticos que corresponden a aquellos en los cuales los axiomas retornan un valor de verdad positivo (verdadero); y, los sucesos no dialécticos aquellos a los que los axiomas dan un valor de verdad negativo (falso). En base de estos sucesos, definimos para cada perfil el nivel de contradicción dialéctica de un perfil $X(sd_j,id_i)$ como el número de sucesos dialécticos (términos ambivalentes) que contiene el perfil id_i (ver ecuación (2)); y, el nivel de no contradicción de un perfil $Y(snd_j,id_i)$ como el número de sucesos no dialécticos que contiene (ver ecuación(3)).

$$Sim_{lex}\,(T, Tr) \;=\; \frac{2\,x\,|pares(T) \bigcap\; pares(Tr)|}{|pares(T)\;+pares(Tr)|} \tag{1}$$

$$X(sd_i, id_i) = \sum_{i=1}^{n} sd_i \tag{2}$$

$$Y(snd_i, id_i) = \sum_{i=1}^{n} snd_i \tag{3}$$

Para evaluar el modelo dialéctico se usan las siguientes medidas:

Completitud. El modelo dialéctico *MD* es considerado completo con referencia al perfil profesional o académico id_i, si reconoce todos los sucesos dialécticos sd_{ji} del perfil id_i. Para el Caso 1 se calcula esta métrica para varios umbrales establecidos, como se indica en el apartado 3.1, correspondientes a 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6; mientras que para el Caso 2 se calcula para el resultado obtenido al aplicar los axiomas. La Ecuación (4) presenta la definición de Completitud, en donde *n* es el número de sucesos en id_i.

$$Completitud(MD_j, id_i) = \sum_{i=1}^{n} \frac{sd_i}{n} \tag{4}$$

Robustez. El modelo dialéctico MD se considera robusto con referencia al conjunto de perfiles profesionales y académicos, si los sucesos dialécticos reconocidos sd_i son relevantes para el perfil id_i, en función del nivel del árbol donde fueron detectados. Dada la ambigüedad de los sucesos dialécticos sd_i (pueden presentarse en diferentes niveles del árbol a la vez), el nivel del árbol de un sd_i se asigna según la mayor frecuencia del nivel que más cerca se encuentre de la raíz. Una vez obtenido el nivel para sd_i, se calcula la robustez del MD para id_i según las ecuaciones (5) y (6)

$$Robustez(MD_j, id_i) = \sum_{i=1}^{n} \frac{Robustez(sd_i, id_i)}{n} \quad (5)$$

$$Robustez(sd_i, id_i) = \sum_{i=1}^{n} \frac{N - nivel_{sdi} + 1}{N} \quad (6)$$

Donde, *Robustez* (sd_i, id_i) es la diferencia entre N (altura máxima del árbol del tesauro donde se ubican los sucesos del perfil id_i) y el nivel asignado a sd_i en el árbol.

4. Experimentación

Para el experimento, se toman como entrada 15 perfiles profesionales en español: 10 ofertas de carrera obtenidas de portales universitarios (id_1,...,id_{10}), y 5 ofertas laborales obtenidas de portales de empleo en Internet (id_{21},..id_5), donde se usó esta nomenclatura para proteger la identidad de los autores de los perfiles. De cada perfil, fueron seleccionados los textos que se encontraban bajo apartados como: descripción, objetivos, competencias. Además, se utilizaron dos tesauros para la fase de alineamiento: DISCO II (Tc_1,...,Tc_{15}) y BLOOM (Th_1,...,Th_6).

Completitud del modelo dialéctico

La Tabla 5 presenta los resultados de la aplicación del modelo dialéctico *MD* sobre los perfiles, con respecto a la medida de Completitud. En el Caso 1 se observa una relación inversamente proporcional entre el umbral y el valor de completitud de cada perfil, es decir, a medida que el valor del umbral aumenta, el valor de completitud disminuye tendiendo a cero cuando el umbral se acerca a 1. Por ejemplo, los umbrales U1 (0.2) y U2 (0.3) presentan una gran cantidad de perfiles en los que la medida de completitud es igual a 1 (reconoce todos los sucesos existentes en el perfil como dialécticos), en comparación con los existentes en el umbral U6 (0.6), donde los perfiles tienen un valor de completitud de cero y no aplica (n/a: según el modelo, los perfiles no presentan sucesos dialécticos). En consecuencia, podemos afirmar que si el umbral es alto (cercano a 1) el modelo no reconoce a toda la población de sucesos dialécticos que existe en los perfiles, mientras que si el umbral es bajo la población de sucesos dialécticos reconocidos aumenta; debido a la dispersión provocada por el uso de la medida léxica, en el cálculo de la similitud de los sucesos de un perfil contra un tesauro.

Por otra parte, en el Caso 2 observamos que cerca del 50% de los perfiles tienen un valor de completitud superior a 0.5, lo que indica que el modelo reconoce una gran cantidad de sucesos dialécticos en los perfiles, debido a la sinonimia que presentan los términos de habilidad (verbos) según el tesauro Bloom. Cabe mencionar que existen perfiles en donde se detecta que no existen sucesos dialecticos por el umbral usado (ver en el Caso 1 el id2 para el umbral U6), o no existen términos de habilidad en el perfil a evaluar (en el Caso 2 el perfil id13), para el análisis con el modelo MD (n/a).

id	Caso 1					Caso 2
	U1 0.2	U2 0.3	U4 0.4	U5 0.5	U6 0.6	
1.	1	1	0.8	0.7	0.2	0.57
2.	1	1	0.5	n/a	n/a	1.00
3.	1	1	1	1	1	0.50
4.	1	1	1	0.8	0.5	0.40
5.	1	1	1	1	1	0.50
6.	1	1	1	1	n/a	1.00
7.	1	1	1	1	1	1.00
8.	1	1	1	1	0.5	1.00
9.	1	1	1	1	n/a	0.50
10.	1	1	1	n/a	n/a	1.00
11.	1	0.8	0.5	0.18	0.16	0.50
12.	1	1	0.5	n/a	n/a	0.50
13.	0.3	0.3	n/a	n/a	n/a	n/a
14.	0.83	0.81	0.8	0.6	0.5	0.80
15.	1	0.9	0.5	0.5	0.5	0.43

Tabla 5 – Resultados de la Completitud del modelo dialéctico MD

La Figura 1 presenta la comparación de resultados de la completitud del modelo dialéctico MD (Caso 1) contra la completitud del modelo descriptivo propuesto en (González-Eras & Aguilar, 2018), para ello se escoge el U2 (0.3) porque el 90% de los perfiles alcanzan un valor de completitud superior al 80%; que implica que el modelo MD reconoce una mayor cantidad de sucesos ambiguos dado que identifica las contradicciones y ambivalencias de los perfiles en función de los tesauros y la medida de similitud léxica. En cambio, en el modelo descriptivo vemos que el reconocimiento disminuye en vista de que en la comparación con los términos del tesauro se usa una medida híbrida que considera la estructura del subárbol donde se ubica el suceso dialéctico detectado, reduciéndolo a un solo nivel para el suceso.

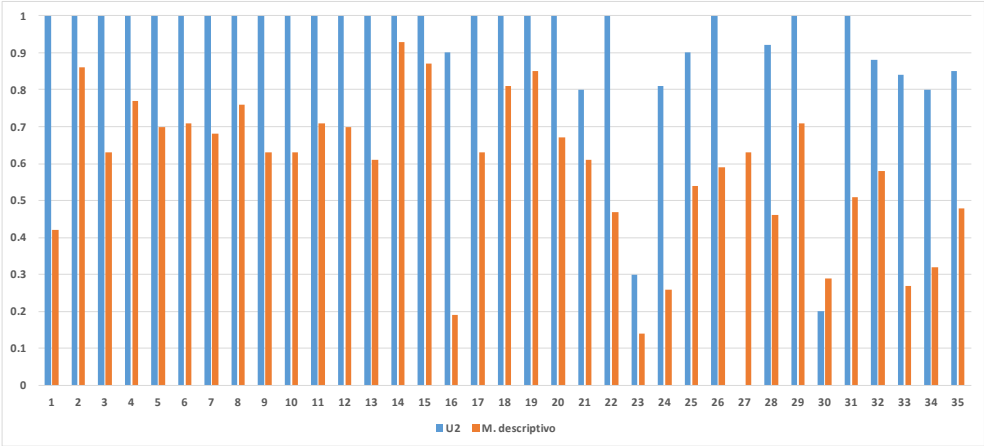


Figura 1 – Comparación de modelos dialéctico y descriptivo según su Completitud

Robustez del modelo dialéctico

La Tabla 6 presenta los resultados de la aplicación del modelo dialéctico *MD* sobre los perfiles, con respecto a la medida de Robustez, en el Caso 1, donde existe una relación directamente proporcional entre el umbral y el valor de robustez de cada perfil, es decir a medida que el valor del umbral aumenta hacia 1, el valor de robustez aumenta. Por ejemplo, en los umbrales U1 (0.2) y U2 (0.3) los valores de la medida oscilan entre el 0.5 y 0.8, y para los umbrales U3 (0.4), U4 (0.5) y U5 (0.6) los valores de la medida se mantienen entre 0.7 y 0.8, y en algunos casos tienden hacia 1. En definitiva, podemos afirmar que si el umbral es bajo (cercano a 0) la robustez del modelo MD es baja, lo que implica que los sucesos dialécticos reconocidos en el perfil se encuentran en los niveles más bajos del árbol del tesauro y, por lo tanto, no son relevantes; mientras que, si el umbral aumenta hacia 1, la robustez del modelo es alta, ya que los sucesos dialécticos reconocidos en el perfil se encuentran en los niveles más altos del árbol y, en consecuencia, son relevantes. Esta tendencia se mantiene en el Caso 2, donde el 90% de los perfiles tienen una medida de Robustez superior a 0.5, lo que indica que el modelo reconoce una gran cantidad de sucesos dialécticos relevantes en los perfiles, debido a que se encuentran en los niveles más altos del tesauro Bloom. Así mismo, en algunos perfiles no aplica el cálculo de la Robustez porque no presentan sucesos dialécticos.

id	Caso 1					Caso 2
	U1 0.2	U2 0.3	U3 0.4	U4 0.5	U5 0.6	
1.	0.63	0.71	07	0.8	0.8	0.83
2.	0.8	0.8	0.9	n/a	n/a	0.67
3.	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	1.00
4.	0.75	0.8	0.8	0.8	0.8	0.67
5.	0.73	0.8	0.8	0.8	0.8	1.00

id	Caso 1					Caso 2
	U1 0.2	U2 0.3	U3 0.4	U4 0.5	U5 0.6	
6.	0.8	0.8	0.8	0.8	n/a	1.00
7.	0.73	0.8	0.8	0.8	0.8	0.83
8.	0.65	0.65	0.73	0.8	0.8	0.89
9.	0.73	0.8	0.8	0.8	n/a	1.00
10.	0.6	0.8	0.8	n/a	n/a	1.00
11.	0.61	0.63	0.75	0.8	0.8	0.81
12.	0.7	0.7	0.8	n/a	n/a	0.67
13.	0.6	0.6	n/a	n/a	n/a	n/a
14.	0.64	0.7	0.7	0.7	0.8	1.00
15.	0.67	0.7	0.78	0.8	0.8	1.00

Tabla 6 – Cálculo de la Robustez del modelo dialéctico MD

La Figura 2 presenta la comparación de resultados de la robustez del modelo dialéctico MD contra la robustez del modelo descriptivo propuesto en (González-Eras & Aguilar, 2018), usando el umbral U2 (0.3), el cual aplica a todos los casos con valores de Robustez superiores a 0.5 (Alto). Observamos que, en general, el modelo dialéctico considera relevantes a una gran cantidad de sucesos dialécticos de los perfiles que tienen una frecuencia de aparición alta en uno de los niveles altos del árbol del tesauro. Por otra parte, el modelo descriptivo es más restrictivo porque asigna la relevancia a un suceso en función de la frecuencia de aparición del mismo en el nivel 1 del árbol, sin considerar los niveles intermedios.

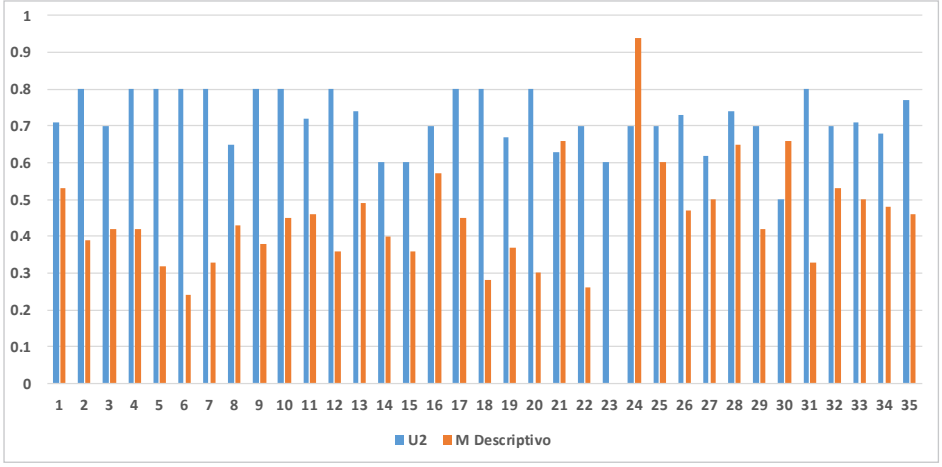


Figura 2 – Comparación de modelos dialéctico y descriptivo según su Robustez

6. Comparación con otros trabajos

La Tabla 7 presenta una comparación de la propuesta con trabajos anteriores considerando los siguientes criterios: modelo conocimiento usado, componentes de competencia considerados, estrategia de desambiguación, Tesauros utilizados como fuente, y métricas de validación del modelo propuesto. Se puede observar, que existen coincidencias entre los trabajos y nuestra propuesta en el uso de medidas de similitud léxicas y semánticas, pero la nuestra agrega el modelo dialéctico para analizar los sucesos ambivalentes. En cuanto al uso de información extra, muchos usan tesauros, lexicones o enlazado de datos como punto de referencia para establecer similitudes, los cuales combinan con medidas de similitud para el tratamiento de casos de desambiguación. En cuanto a la validación del modelo, las medidas de Completitud y Robustez de nuestra propuesta son las únicas que permiten identificar casos de ambivalencia y contradicción que los otros modelos no reconocen, y que generan sesgos en la comparación de competencias en función de sus componentes de habilidad y conocimiento. Finalmente, la mayoría usa ontologías, nuestra propuesta es la única que propone un conjunto de axiomas que permiten el reconocimiento de casos de contradicción.

Trabajo	Modelo	Componente de competencia	Desambiguación	Tesauros	Fuente de datos	Validación
(Hassan, 2012)	ontología	Conocimiento	Promedio	WordNet	Ofertas laborales	Un experto
(Paquette, 2012)	ontología	Habilidad	Axioma LPO	LinkedData ontología competencia	Perfiles	Precisión y relevancia
(Fazel 2013)	ontología	Conocimiento	Medida Similitud	Ontología competencia	Corpus	Precisión Recall
(Malzhan 2013)	ontología	Conocimiento	Semántica	Lexicón y Onomasticón	Texto de la Web	Precisión y relevancia
(Mendonça, Aguilar, Perozo 2015)	ontología	Conocimiento	Algoritmo ACO	-----	Texto de la Web	Precisión
(Gil-Vallejo, 2018)	patrones	Verbos	Coseno Dice	Adesse Wordnet Sensem	Casos verbales	Pearson, Ratio
Nuestra propuesta	ontología y Lógica dialéctica	Conocimiento y habilidad	Axiomas dialécticos y Medidas Similitud	DISCO II BLOOM	Ofertas laborales y académicas	Sucesos dialécticos Completitud Robustez

Tabla 7 – Comparación de la propuesta con otros trabajos

7. Conclusiones y trabajos futuros

El presente trabajo propone un modelo para la representación de la ambigüedad y contradicción en las competencias profesionales, fundamentado en axiomas definidos

según dos casos de ambigüedad dialéctica: el fallo en la presuposición y el razonamiento contrafáctico. Los resultados obtenidos permiten la interpretación correcta de perfiles profesionales digitales, al poder ser usada esta propuesta como una extensión de los modelos de representación formal de las competencias basados en lógica descriptiva, usando sus componentes de habilidad y conocimiento. La validación del modelo a través de las medidas de Completitud y Robustez, permite determinar la presencia de sucesos dialécticos y no dialécticos en los perfiles, además de su relevancia según tesauros de habilidad y conocimiento.

Los trabajos futuros se orientarán hacia la integración del modelo de conocimiento propuesto con modelos semánticos, como ontologías basadas en datos enlazados, de tal forma que permitan un análisis más profundo de la información sobre competencias obtenidas desde la Web, tal que las contradicciones en el lenguaje natural en las competencias sean correctamente analizadas en los perfiles profesionales. Además, se pretende generar axiomas para los casos de contradicción no analizados en este artículo (vaguedad del lenguaje natural, discurso ficticio y declaraciones contingentes sobre el futuro), y mejorar los procesos de validación de los resultados del modelo dialéctico con otras métricas de calidad, que reflejen la robustez del modelo dialéctico.

Referencias

Aguilar J. (2011) Temporal Logic from the Chronicles Paradigm: learning and reasoning problems, and its applications in Distributed Systems, LAP Lambert Academic Publishing.

Alqadah, F., & Bhatnagar, R. (2011). Similarity measures in formal concept analysis. Annals of Mathematics and Artificial Intelligence, 61(3), 245-256.

Beaver, D. I. (1997). Presupposition. In Handbook of logic and language (pp. 939-1008). North-Holland.

Dorn, J., & Pichlmair, M. (2007). A Competence Management System for Universities. In ECIS (pp. 759-770).

Fazel-Zarandi, M. (2013). Representing and Reasoning about Skills and Competencies over Time (Doctoral dissertation).

Gil-Vallejo, L., Castellón, I., & Coll-Florit, M. (2018). Similitud verbal: Análisis comparativo entre lingüística teórica y datos extraídos de corpus. Revista signos, 51(98), 310-332.Rocha, Á. (2012). Framework for a Global Quality Evaluation of a Website. *Online Information Review, 36*(3), 374-382. doi:10.1108/14684521211241404

González-Eras, A. G., & Aguilar, J. (2015). Semantic Architecture for the Analysis of the Academic and Occupational Profiles Based on Competencies, Contemporary Engineering Sciences, 8, 1551—1563.

González-Eras, A., & Aguilar, J. (2018). Esquema para la actualización de Ontologías de Competencias en base al Procesamiento del Lenguaje Natural y la Minería Semántica. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (E17), 433-447.

González-Eras, A., & Aguilar, J. (2019) Determination of professional competencies using an alignment algorithm of academic and professional profiles, based on competence thesauri and similarity measures, International Journal of Artificial Intelligence in Education.

Hassan, F. M., Ghani, I., Faheem, M., & Hajji, A. A. (2012). Ontology matching approaches for e-recruitment. International Journal of Computer Applications, 51(2).

Maybee, J. E. (2016). Hegel's dialectics.

Mendonça, M., Perozo, N., & Aguilar, J. (2015, July). An approach for Multiple Combination of Ontologies based on the Ants Colony Optimization Algorithm. In Asia-Pacific Conference on Computer Aided System Engineering (APCASE), (pp. 140-145).

Menzies, P. (2001). Counterfactual theories of causation. Stanford Encyclopedia of Philosophy.

Paquette, G., Rogozan, D., & Marino, O. (2012). Competency comparison relations for recommendation in technology enhanced learning scenarios. CEUR Workshop Proceedings.

Pulcini, G., & Varzi, A. C. (2018). Paraconsistency in classical logic. Synthese, 195(12), 5485-5496.

Puerto E., Aguilar, J., & Rodriguez T (2012). Automatic Learning of Ontologies for the Semantic Web: experiment lexical learning, Revista Respuestas, 17(2), 5-12.

Sateli, B., Löffler, F., König-Ries, B., & Witte, R. (2017). ScholarLens: extracting competences from research publications for the automatic generation of semantic user profiles. PeerJ Computer Science, 3, e121.

Sutcliffe, G., Pelletier, F. J., & Hazen, A. P. (2017, May). Automated Reasoning for the Dialetheic Logic RM3. In The Thirtieth International Flairs Conference.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 26/10/2019
Aceitação/Acceptance: 19/12/2019

Uso da escala SERVQUAL no Desenvolvimento de Estratégias em TI: O caso da UFRRJ

Sandro Luís Freire de Castro Silva[1], Saulo Barbará de Oliveira[2], Antônio Augusto Gonçalves[1], Roberto Luiz Silva dos Santos[1]

sandrofreire@gmail.com, saulobarbara@gmail.com, augusto@inca.gov.br, roberto.santos@inca.gov.br

[1] Instituto Nacional de Câncer, Rua do Rezende 195, 20230-026, Rio de Janeiro, Brasil.

[2] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR-465 Km7, 23897-000, Seropédica, Brasil.

Pages: 164–176

Resumo: Com o aumento da demanda pelos serviços tecnológicos nas instituições públicas brasileiras, o planejamento das atividades de Tecnologia de Informação vem sendo utilizado nas Instituições Federais de Ensino Superior do Brasil onde os serviços de TI possuem um escopo diferenciando de outros setores da Administração Pública. O objetivo desse estudo é demonstrar o quanto a escala SERVQUAL pode ser útil na coleta de dados para desenvolvimento de um Plano Diretor de Tecnologia da Informação. Os resultados mostraram sucesso na escolha desse instrumento, que pode ser identificado no modelo de plano estratégico elaborado neste trabalho.

Palavras-chave: Planejamento Estratégico em TI; Plano Diretor de TI; SERVQUAL.

Use of the SERVQUAL scale in the Development of IT Strategies: The case of UFRRJ

Abstract: With the increase in demand for technological services in Brazilian Public Institutions, the planning of information technology activities has been used in the federal institutions of higher education in Brazil where IT Services have a differentiated scope from other sectors of the public administration. The purpose of this study is to demonstrate how much the SERVQUAL scale can be useful in collecting data for the development of a Information Technology Plan. The results showed success in the choice of this instrument, which can be identified in the strategic Plan model developed in this work.

Keywords*:* IT Strategic Planning; IT Planning; SERVQUAL.

1. Introdução

A busca pela excelência em serviços de TI e a mensuração de sua qualidade é uma estratégia efetivamente utilizada pelas organizações para a obtenção de "vantagem competitiva"

(Cronin & Taylor, 1992). No caso do Governo Federal Brasileiro essa vantagem deve refletir positivamente na prestação de serviços públicos e na melhoria da qualidade dos recursos financeiros. Como estratégia para alcançar os resultados desejados, o planejamento estratégico vem sendo utilizado como elemento de direcionamento.

Com o objetivo de minimizar incertezas, as atividades de Planejamento em TI são utilizadas de forma crescente nas organizações públicas brasileiras, e no caso das Instituições Federais de Ensino Superior (IFES), os serviços de TI são mantidos com objetivo diferenciado em relação ao mercado e outros setores da Administração Pública do Brasil. Adicionalmente, os valores que dão base ao escopo de planejamento desses serviços são, em grande parte dos casos, maiores que quaisquer razões financeiras, sendo assim utilizados para manter e ampliar conhecimentos transferidos à sociedade.

O caso estudado nesse trabalho foi a UFRRJ, uma universidade brasileira que foi fundada no início do século XIX com objetivo de promover o ensino agropecuário no Brasil. A unidade de Tecnologia da Informação (conhecida como Centro de Processamento de Dados - CPD) da UFRRJ foi fundada no início de 1975 para que pudesse auxiliar no processamento de dados institucionais.

Com o crescimento da instituição, a partir de 2009 com o REUNI, passou a ser crítica a necessidade de atualização e ampliação da informatização dos processos administrativos e acadêmicos, justificados pela busca da eficácia organizacional e do bom atendimento ao cidadão. Tal fato passou a demandar uma estrutura de TI de qualidade de modo que pudesse atender as distintas necessidades da instituição, motivando a reformulação do setor de TI da UFRRJ. No ano de 2014 a COINFO foi reformulada com a ampliação da sua esfera de atuação, passando a ser chamada de Coordenadoria de Tecnologia da Informação e Comunicação (COTIC, 2014). A COTIC recebeu a missão de coordenar e integrar as ações institucionais na área de TI e infraestrutura, visando avaliar e propor soluções tecnológicas com foco nos objetivos estratégicos da universidade para facilitar o desenvolvimento das atividades fim da UFRRJ (COTIC, 2014). Sua visão passou a ser prestar serviços de excelência, de modo a aumentar a maturidade de Governança de TI na instituição e fortalecer o alinhamento aos objetivos de negócio dos órgãos da universidade (COTIC, 2014). Em outras palavras, a COTIC passou a ser um órgão fundamental para o cumprimento das estratégias institucionais e pedagógicas da UFRRJ.

Atualmente, a UFRRJ tem cerca de 16 mil alunos. São aproximadamente 12 mil matriculados em 56 cursos de graduação presencial, turmas do Programa Nacional de Formação de Professores do Ministério de Educação - MEC (duas de Pedagogia, duas de Letras, uma de Matemática, uma de História e uma de 2ª Licenciatura em Filosofia) e uma turma de Licenciatura em Educação do Campo, distribuídos por seus três campi, e cerca de 4 mil alunos nos cursos de graduação em Administração e Licenciatura em Turismo à Distância.

Com base no cenário apresentado, o propósito desse artigo foi realizar um levantamento sistemático sobre o funcionamento da unidade de informática da UFRRJ (COTIC), com base na percepção desses atores, dentre os quais os que estão totalmente envolvidos com as atividades estratégicas da universidade. Nesse estudo, buscou-se a realização de um diagnóstico sobre a qualidade dos serviços de TI da COTIC visando o apoio à

elaboração de um modelo de planejamento estratégico voltado para o atendimento das necessidades de cada um dos setores onde atuam os atores participantes da pesquisa.

Vale salientar que, com o surgimento dessas propostas consolidadas de melhoria, a equipe de pesquisa esperou que a instituição pudesse disponibilizar serviços de TI de melhor qualidade, garantindo o fornecimento da estrutura adequada para promover o ensino, pesquisa e extensão.

2. Perspectivas de Planejamento Estratégico e seu uso na Administração Pública

A busca por uma definição única para o Planejamento Estratégico (PE) pode ser uma tarefa complexa, tendo em vista o grande número de teorias o tema. Por isso, é necessário delinear a palavra cuidadosamente, principalmente pelo fato do planejamento carecer de um posicionamento claro do seu próprio lugar nas organizações e no estado (Mintzberg, 2004).

O "planejar" faz parte da estratégia e a entende como um modelo de decisão, no qual estão definidos os objetivos, regras, planos, fronteiras de negócios e atuação (Andrews, 1991). Em cada organização a combinação de recursos, valores e capacidades deve ser única, levando ao alcance de resultados também únicos em cada empresa e em cada situação. O entendimento de que o processo de planejamento é parte da estratégia das organizações pode ser considerado o primeiro passo para reflexões acerca do conceito de PE, principalmente quando suas perspectivas são conhecidas.

Há vertentes que interpretam o PE como um processo que deve fazer parte do cotidiano organizacional, sendo utilizado como atividade inerente ao negócio. É o caso de Djalma de Pinho Rebouças de Oliveira, em sua obra "Planejamento Estratégico – Conceitos, Metodologias e Práticas" de 2010 que define o PE como um processo administrativo que proporciona sustentação metodológica para se estabelecer a melhor direção a ser seguida pela empresa, visando ao otimizado grau de interação com os fatores externos – não controláveis – e atuando de forma inovadora e diferenciada. O PE é um meio amplo e sistemático de preparar ações relativas à escolha de mercados e produtos adequados, tendo em vista uma situação saudável, a longo prazo, para a empresa (Scramim & Batalha, 1997).

Na administração pública brasileira, o processo de Planejamento está estabelecido por meio de uma determinação legal, a Lei do Plano Plurianual (PPA), que faz com que os órgãos públicos prestem contas a entidades fiscalizadoras, sendo o resultado do plano positivo ou não. O PETI é geralmente conhecido como Plano Diretor de Tecnologia da Informação (PDTI), nomenclatura esta escolhida para o presente trabalho. Na esfera federal, o PDTI está instituído por lei e assim como o PE, é uma obrigação dos órgãos. Segundo a Instrução Normativa (IN) número 4/2010 da SLTI, artigo art. 2º, XXII, o PDTI é um instrumento de diagnóstico, planejamento e gestão dos recursos e processos de Tecnologia da Informação (...) de um órgão ou entidade para um determinado período.

O Sistema de Administração de Recursos de Informação e Informática (SISP) disponibiliza um guia de Elaboração de PDTI, ainda em sua primeira versão. O guia é baseado no Control Objectives for Information and related Technology 4.1 (COBIT), versão anterior

a utilizada nesse trabalho, e na metodologia de modelagem de processos Business Process Model and Notation (BPMN), muito utilizada no mercado. O guia SISP provê informações que ajudam as organizações a planejarem melhor as ações relacionadas à TI, possibilitando maior efetividade no emprego dos recursos de TI, resultando em mais benefícios para a sociedade e maior transparência no uso de recursos públicos (SISP, 2012).

3. Qualidade de Serviço como Instrumento de Diagnóstico

O modelo SERVQUAL, como ficou conhecido, identifica dez dimensões ou determinantes da qualidade e se presta a avaliar atributos dos serviços por meio de pesquisas com clientes. O SERVQUAL é estruturado basicamente para a identificação de falhas ou lacunas entre a percepção e a expectativa do cliente sobre o serviço prestado. Seus mecanismos de funcionamento e a apresentação do modelo gap será discutida no próximo tópico. Não é demais frisar que a SERVQUAL trata a qualidade em serviços como a diferença entre as expectativas do cliente e suas percepções do desempenho do serviço recebido, ou seja, a habilidade de uma organização em atingir ou exceder as expectativas dos clientes. Essa diferença é conhecida como gap (Parasuraman et al.,1985,1994b).

Os gaps são lacunas ou falhas que representam a diferença entre as expectativas e a percepção em relação ao serviço prestado. Na metodologia SERVQUAL são ao todo 5 gaps. Os quatro primeiros gaps possuem relação com as questões internas do modelo, representando de um lado a organização e de outro a percepção dos usuários. O resultado final (Gap 5) é proposto por meio da diferença entre os dois gaps (percepção e expectativa), podendo ser representado pela equação a seguir:

$$Gap\ 5 = Percepção - Expectativa$$

O gap 1 é entendido como a discrepância entre a expectativa do cliente e a percepção gerencial sobre esta expectativa do cliente e a percepção geral sobre esta expectativa. O gap 2 compreende a discrepância entre a percepção gerencial das expectativas dos clientes e a transformação destas em especificações de qualidade dos serviços. O gap 3 corresponde à discrepância entre os padrões e especificações da empresa e o que realmente é fornecido ao cliente. O gap 4 é a discrepância entre a promessa realizada pelos meios de comunicação externa e o que realmente é fornecido (Salomi et al., 2005). Por fim o gap 5 explicita a discrepância entre a expectativa do cliente e a sua percepção em relação ao serviço prestado, conforme mostrado na equação acima.

Por meio do modelo de gaps, Parasuraman et al. (1988) desenvolveram um questionário chamado de escala SERVQUAL. Esta escala, de acordo com Parasuraman, Zeithalm & Berry (1985) visa medir a percepção e a expectativa da qualidade dos serviços, englobando dez dimensões apresentadas por Parasuraman et al. (1985) e Berry et al. (1985): (1) tangíveis; (2) confiabilidade; (3) responsividade; (4) comunicação; (5) credibilidade; (6) segurança; (7) competência; (8) cortesia; (9) entendimento/conhecimento do cliente e (10) acesso.

O modelo (ou escala) SERVQUAL é constituído por 22 itens que compõem as cinco dimensões ou determinantes da qualidade, sendo eles: (1) confiabilidade,

(2) receptividade, (3) segurança, (4) aspectos tangíveis e (5) empatia (Parasuraman, 1985). O questionário proposto por Parasuraman et al. (1988), após sua aplicação, necessita que os dados coletados sejam tabulados e tratados, para assim serem calculados os gaps da escala SERVQUAL de acordo com Parasuraman, Zeithaml & Berry (1985; 1988), que propõem a seguinte fórmula:

$$Gap_i = P_i - E_i$$

Onde: Gap_i = avaliação da qualidade de serviços em relação ao item i; P_i= valor da medida de percepção do item i; E_i= valor da medida da expectativa do item i; i = variável entre 1 e 22. O gap é a medida resultante da diferença entre o valor da medida da percepção e o valor da medida da expectativa em relação a determinado item i Parasuraman, Zeithaml & Berry (1985; 1988). Durante a presente pesquisa e consequentemente na elaboração da proposta de PDTI, para cada dimensão foi realizada uma média do grupo, conforme a fórmula:

$$\overline{G}ap_i^n = \left(\frac{\sum_i^n P}{n}\right) - \left(\frac{\sum_i^n E}{n}\right)$$

Onde: $\overline{G}\,ap_i^n$ = valor médio avaliação da qualidade de $\sum_i^n P$ em relação aos fatores relacionados ao item i até n; = soma dos valores valor da medida de percepção do item i até n; $\sum_i^n E$ = soma dos valores da medida de expectativa do item i até n; i e n = variável entre 1 e 22.

Fonte: Adaptação de Parasuraman, Zeithaml & Berry (1985; 1998).

4. Metodologia

A pesquisa utilizou os métodos quantitativos e coletou dados que diziam respeito à percepção dos alunos, técnicos e professores tendo em vista transformar opiniões e informações em números para possibilitar a classificação e análise (Richardson, 2007; Roesch, 2005). Foi realizada a pesquisa bibliográfica para a elaboração do referencial teórico, servindo de base para os estudos sobre o tema proposto além de auxiliar na análise dos dados. A pesquisa bibliográfica teve seu embasamento principal em livros e artigos científicos (Gil, 1989).

Esta pesquisa é caracterizada como uma pesquisa-ação, sendo a escolha deste método coerente com o tipo de pesquisa realizada, uma vez que é recomendo usar a pesquisa-ação nas investigações em grupos, coletividades ou organizações de pequeno ou médio porte, com propósitos focados a médio ou longo-prazo (Vergara, 2012). Acredita-se que o processo de pesquisa foi responsável por inúmeras intervenções diretas na organização estudada.

4.1. Diagnóstico

Para essa análise foi utilizado questionário fechado buscando levantamento de dados com técnicos administrativos, docentes e discentes. No momento da pesquisa a instituição possuía em seu quadro, em números aproximados, cerca de 1.125 professores efetivos e substitutos, 1.218 técnicos administrativos e mais de 16 mil discentes, contando com

graduandos e pós-graduandos (UFRRJ, 2013). A inclusão de todos estes sujeitos na amostra da pesquisa demonstrou-se ser inviável, considerando a praticidade, motivo pelo qual optou-se pelo uso de uma amostra confiável de modo a reduzir a margem de erro na pesquisa. Desta forma o questionário foi aplicado a uma amostra de um conjunto de docentes, técnicos e discentes calculada utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\overline{G}ap_i^n = \left(\frac{\sum_i^n P}{n} \right) - \left(\frac{\sum_i^n E}{n} \right)$$

Onde: n = números de indivíduos da amostra; N = população; Z = variável normal padronizada associada ao nível de confiança; p = probabilidade do evento; e= erro amostral.

Fonte: Adaptação de Parasuraman, Zeithaml & Berry (1985; 1998).

No presente trabalho considerou-se que o grau de confiança é de 90% e a margem de erro é de 5%. Foram utilizados os valores e = 0,05; p=0,5; Z=1,645 (Rezende, 2013). Sendo assim o cálculo do tamanho das amostras foi: para 16.199 discentes o tamanho da amostra ficou definido em 267; para 1218 técnicos administrativos o tamanho da amostra ficou definido em 222; para 1.125 docentes o tamanho da amostra ficou definido em 219, porém com o desenvolvimento da pesquisa, apresentado esse valor foi modificado. Cada amostra analisou os resultados de maneira independente, e somente após as conclusões as informações foram relacionadas para a elaboração de diagnóstico. Nas amostras foram incluídos sujeitos de 2 dos 3 campi da UFRRJ: Três Rios e Nova Iguaçu.

Foi utilizado um questionário fechado no qual os respondentes analisaram itens que dizem respeito ao serviço de TI percebido e por meio da escala Likert manifestaram suas considerações. Os campos do questionário contaram com as seguintes opções: (1) Não sei (2) Discordo Totalmente, (3) Discordo, (4) Não concordo nem discordo, (5) Concordo e (6) Concordo Totalmente. O questionário buscou obter resposta de indivíduos das três esferas da comunidade acadêmica: docentes, discentes e técnicos administrativos. Os questionários foram, logo no início da pesquisa, colocados em disponibilidade sob a forma on line por meio do uso da ferramenta Lime Survey (2014), possibilitando uma análise mais precisa das respostas dos questionários, vide Tabela 1. Ao responde-lo, os sujeitos pesquisados deveriam analisar os itens que diziam respeito ao serviço de TI percebido e manifestar suas considerações assinando-as na escala Likert, conforme as opções descritas mais a frente.

Expectativas	Percepções
E1. Os funcionários da TI da UFRRJ demonstrem segurança ao negociar problemas de atendimento com os usuários.	P1. Os funcionários da TI da UFRRJ demonstram segurança ao negociar problemas de atendimento com os usuários.
E2. As informações sejam fornecidas com precisão e livres de erro.	P2. As informações são fornecidas com precisão e livres de erro.
E 3. O serviço seja prestado conforme especificação prometida.	P3. O serviço é prestado conforme especificação prometida.
E 4. O serviço seja realizado corretamente na primeira vez.	P4. O serviço é realizado corretamente na primeira vez.
E 5. O serviço seja entregue no prazo prometido.	P5. O serviço é entregue no prazo prometido.

Expectativas	Percepções
E 6. Sejam prestadas informações sobre prazos de serviços.	P6. São prestadas informações sobre prazos de serviços.
E 7. O atendimento seja de forma imediata.	P7. O atendimento se dá de forma imediata.
E 8. Haja boa vontade para ajudar os usuários.	P8. Há boa vontade para ajudar os usuários.
E 9. Haja disponibilidade e prontidão para atender aos usuários.	P9. Há disponibilidade e prontidão para atender aos usuários.
E 10. Os funcionários da TI da UFRRJ passem confiança durante a prestação do serviço para os usuários.	P10. Os usuários têm confiança na prestação do serviço.
E 11. O comportamento dos funcionários da TI da UFRRJ faça com que os usuários se sintam seguros.	P11. O comportamento dos funcionários da TI da UFRRJ faz com que os usuários se sintam seguros.
E 12. O atendimento dos funcionários da TI da UFRRJ seja cortês.	P12. O atendimento dos funcionários da TI da UFRRJ é cortês.
E 13. Os funcionários da TI da UFRRJ possuam o conhecimento necessário para execução dos serviços.	P13. Os funcionários da TI da UFRRJ têm conhecimento necessário para execução dos serviços.
E 14. Os funcionários da TI da UFRRJ entendam as necessidades dos usuários.	P14. Os funcionários da TI da UFRRJ entendem as necessidades dos usuários.
E 15. Os funcionários da TI da UFRRJ tenham disponibilidade de tempo para atendimento adequado.	P15. Os funcionários da TI da UFRRJ têm disponibilidade de tempo para atendimento adequado.
E 16. O atendimento aos usuários seja personalizado.	P16. O atendimento aos usuários é personalizado.
E 17. Os funcionários da TI da UFRRJ ouçam atentamente as solicitações dos usuários.	P17. Os funcionários da TI da UFRRJ ouvem atentamente as solicitações dos usuários.
E 18. Os problemas dos usuários sejam resolvidos.	P18. Os problemas dos usuários são resolvidos.
E 19. Os equipamentos e programas de informática da TI da UFRRJ sejam atualizados.	P19. Os equipamentos e programas de informática da TI da UFRRJ são atualizados.
E 20. Os funcionários da TI da UFRRJ tenham boa aparência.	P20. Os funcionários da TI da UFRRJ têm boa aparência.
E 21. As instalações físicas da TI da UFRRJ sejam visualmente agradáveis.	P21. As instalações físicas da TI da UFRRJ são visualmente agradáveis.
E 22. A comunicação da TI da UFRRJ (internet, telefone) seja de fácil compreensão e utilização pelos usuários.	P22. A comunicação da TI da UFRRJ (internet, telefone) é de fácil compreensão e utilização pelos usuários.

Tabela 1 – Expectativas e Percepções

O processo de coleta de dados teve início em novembro de 2014 e foi concluído em 28 de fevereiro de 2015. Foi registrada a participação de 554 sujeitos da pesquisa (222 funcionários, 267 alunos e 65 docentes). Com base no tamanho da amostra, a taxa de retorno foi de 100%, nos grupos funcionários e discentes, e de 30% no grupo de docentes.

Cabe salientar que durante a fase de aplicação dos questionários foi identificado que a estratégia para coleta de dados deveria ser diferenciada para cada grupo, visando alcançar o maior número possível de indivíduos a serem investigados.

Inicialmente o questionário foi disponibilizado no formato digital, conforme descrito antes, tendo relevante adesão no grupo de discentes, e insignificante adesão no grupo de funcionários e docentes. Embora com um quantitativo significativo de respondentes, o número ideal de participantes não foi atingido nas categorias de sujeitos da amostra. Isso levou ao redirecionamento da estratégia de aplicação, adaptando-se também a disponibilizar, alternativamente, o questionário no formato impresso. Esta estratégia alternativa se mostrou bem-sucedida com o atingimento total do quantitativo de sujeitos da amostra de discentes e funcionários ao fim de novembro de 2014. Com a chegada do período de férias acadêmicas, a estratégia para a coleta de dados com os docentes foi focar a pesquisa nos sujeitos mais representativos do universo, que são os coordenadores de cursos, chefes de departamentos e diretores de institutos, uma vez que são estes os indivíduos que mais conhecem os problemas e a qualidade dos serviços de TI prestados.

5. Resultado da percepção dos discentes

No caso da expectativa dos discentes seus valores médios de resposta variam entre 4,89361 (menor grau de expectativa) e 5,63779 (maior grau de expectativa), em uma escala de 2 a 6. Tendo sido mensuradas na escala Likert de 5 pontos, a concentração das respostas ficou entre os pontos 4 e 6, e a moda em todos os itens das expectativas foi 6, no caso o maior ponto possível.

Entre as afirmações com alto grau de expectativa destacam-se as seguintes questões: E13 – Relativo ao conhecimento dos funcionários para a execução dos serviços, E19 – Relacionados à qualidade dos equipamentos e programas de informática e E22 – Relacionados à compreensão da comunicação da realizada pela TI da UFRRJ. A primeira está relacionada ao aspecto de Garantia de funcionamento do serviço e as outras duas estão nos aspectos de Tangibilidade do serviço prestado. Os itens ou questões que refletiram menor pontuação de expectativa foram: E2 – Sobre a precisão das informações fornecidas, E16 - Personalização de atendimento ao usuário e E20 – Sobre a aparência dos atendentes. A primeira está relacionada a Confiabilidade, a segunda a Empatia e a terceira a Tangibilidade.

A interpretação dos dados da categoria discente foi fundamental para o norteamento das melhorias de serviço relacionadas a esta categoria. As melhorias previstas para a área discente dizem respeito à conectividade, que devem agir diretamente na disponibilidade de serviços para realização de ensino e pesquisa, justificando o real papel do estudante em uma instituição de ensino, conforme descreve a Tabela 2.

Item	Gap	Item	Gap
E1 – P1	1,5315	E12–P12	1,31816
E2 – P2	1,59115	E13 –13	1,2832
E3 – P3	1,52516	E14 – 14	1,57858
E4 – P4	1,32893	E15 – 15	1,59081
E5 – P5	1,71143	E16 –16	1,78137
E6 – P6	1,77058	E17 – 17	1,64018
E7 – P7	1,62726	E18 – 18	1,67552

Item	Gap	Item	Gap
E8 – P8	1,50659	E19 –19	2,11701
E9 – P9	1,69878	E20 – 20	0,63208
E10–P10	1,68915	E21– 21	1,96944
E11–P11	1,60283	E22–P22	1,73523

Fonte: Elaboração própria

Tabela 2 – Analise individual do gap dos discentes

6. Resultado da percepção dos funcionários

No caso da expectativa dos funcionários os valores médios das expectativas variam entre 4,93925 e 5,57727, em uma escala de 2 a 6. Tendo sido mensuradas na escala Likert de 5 pontos, a concentração das respostas ficou entre os pontos 4 e 6, e a moda em todos os itens das expectativas foi 6, no caso o maior ponto possível.

Entre as afirmações com altos pontos de expectativa destacam-se: E13 – Relativo ao conhecimento dos funcionários para a execução dos serviços, E18 – Relacionados a resolução de fato dos problemas dos usuários e E22 – Relacionados à compreensão da comunicação da realizada pela TI da UFRRJ. A primeira está relacionada ao aspecto de Garantia, a segunda ao aspecto da Empatia e a última aos aspectos de Tangibilidade. Os itens que refletiram menor pontuação de expectativa foram: E7- Que diz respeito a preocupação para com que o atendimento seja de forma imediata, E16- Relacionado a personalização de atendimento ao usuário e E20 – Que diz respeito a aparência dos atendentes de TI da UFRRJ. A primeira está relacionada a Responsabilidade, a segunda a Empatia e a terceira a Tangibilidade. A categoria de funcionários é a que possui menor gap dentre os três grupos analisados. Acredita-se que a análise dos dados representou a proximidade da categoria com os serviços de TI. As melhorias previstas para os funcionários dizem respeito a qualidade da prestação de serviços que proveem ferramentas de trabalho, principalmente equipamentos de TI e sistemas de trabalho – Ver Tabela 3.

Item	Gap	Item	Gap
E1 – P1	1,23936	E12 – P12	0,94737
E2 – P2	1,26417	E13 – P13	1,1887
E3 – P3	1,2571	E14 – P14	1,29334
E4 – P4	1,29768	E15 – P15	1,33086
E5 – P5	1,34906	E16 – P16	1,42486
E6 – P6	1,45622	E17 – P17	1,28742
E7 – P7	1,45162	E18 – P18	1,2877
E8 – P8	1,09743	E19 – P19	1,67233
E9 – P9	1,35458	E20 – P20	0,732

Item	Gap	Item	Gap
E10 – P10	1,23285	E21 – P21	1,87615
E11 – P11	1,10171	E22 – P22	1,38549

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3 – Analise individual do gap dos funcionários

7. Resultado da percepção dos docentes

Nesta etapa serão apresentados os resultados descritivos referentes às expectativas dos docentes. O tamanho da amostra para esta categoria foi recalculado com base no quantitativo de cargos pesquisados, uma vez que o critério de seleção destes sujeitos foi diferente dos demais, uma vez que a pesquisa focou "os usuários potenciais de TI". Em outras palavras, o cálculo da pesquisa coletou apenas 30% do valor previsto na amostra, porém a entrevista foi realizada com os docentes que mais utilizam os serviços de TI.

No caso dos docentes os valores médios das expectativas variam entre 5,57142 e 5,82812, em uma escala de 2 a 2. Tendo sido mensuradas na escala Likert de 5 pontos, a concentração das respostas ficou entre os pontos 4 e 6, e a moda em todos os itens das expectativas foi 6, no caso o maior ponto possível.

Entre as afirmações com altos grau de expectativa destacam-se: E13 – Relativo ao conhecimento dos funcionários para a execução dos serviços, E10 – Relativo a confiança dos funcionários durante a prestação dos serviços e E22 – Relativo a comunicação da TI da UFRRJ. A primeira e a segunda estão relacionadas ao aspecto de Garantia, a terceira ao aspecto da Tangibilidade.

Os itens que refletiram menor pontuação de expectativa foram: E6 - Que diz respeito as informações sobre prazos e serviços, E14 - Relacionado ao entendimento das necessidades do usuário e E20 – Que diz respeito a aparência dos atendentes de TI da UFRRJ. A primeira está relacionada a Responsabilidade, a segunda a Empatia e a terceira a Tangibilidade.

Pelo não alcance do total previsto na amostra, o trabalho com a categoria docente expos a necessidade da melhoria em programas utilizados pelos docentes. Essa melhoria foi focada principalmente nos sistemas acadêmicos, uma vez que a maioria dos entrevistados possuía atividades de coordenação de curso ou de disciplinas. Ver Tabela 4.

Item	Gap	Item	Gap
E1 – P1	1,86366	E12 – P12	1,81887
E2 – P2	1,88857	E13 – P13	1,98499
E3 – P3	2,13975	E14 – P14	2,08847
E4 – P4	1,98291	E15 – P15	2,06373
E5 – P5	2,10172	E16 – P16	2,11841
E6 – P6	2,1773	E17 – P17	2,02284

Item	Gap	Item	Gap
E7 – P7	2,2641	E18 – P18	2,16154
E8 – P8	1,92308	E19 – P19	2,33445
E9 – P9	1,98077	E20 – P20	1,71428
E10 – P10	2,23558	E21 – P21	2,10751
E11 – P11	2,12653	E22 – P22	2,27547

Fonte: Elaboração própria

Tabela 4 – Análise dos gaps dos docentes

8. Comparação dos amostras e considerações finais

A análise realizada utilizou a estatística descritiva com o objetivo de mostrar o grau de concordância entre os respondentes em consideração a percepção de suas necessidades. Por meio da ferramenta Lime Survey foi possível a extração de estatísticas relacionadas as percepções e expectativas dos investigados, e por meio da estatística descritiva foi possível calcular os gaps, médias e modas entre as amostras, conforme descreve a Tabela 5.

Amostras	Média da Percepção	Média da Expectativa	Dispersão das percepções	Dispersão das Expectativas	Gaps
Discentes	3,85651	5,443098	Baixo	Alto	1,586588
Funcionários	4,147868	5,444574	Baixo	Baixo	1,296727
Docentes	3,680887	5,743365	Baixo	Baixo	2,062479

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5 – Análise comparativa das amostras

Ao perceber uma diferença significativa entre os gaps, cabe a reflexão que a estratégia precisa ser direcionada de acordo com cada grupo. A aplicação do questionário aos discentes permitiu direcionar as ações da TI da UFRRJ, principalmente, para as áreas de capacitação, comunicação, melhorias em laboratórios e investimento em software. O quantitativo de não respondentes e a alta expectativa evidenciaram que os estudantes pouco frequentam o ambiente da TI da UFRRJ, porém demandam seus serviços principalmente em atendimentos esporádicos, como cadastro de e-mail, e a utilização dos sistemas acadêmicos.

No caso dos funcionários, o levantamento demonstrou que o grupo pesquisado é de fato o que possui contato direto com a TI da UFRRJ. Acredita-se que essa proximidade tenha contribuído para o grupo possuir o menor gap nos serviços. As demandas docentes focaram a necessidade da melhoria do espaço físico da TI da UFRRJ, melhoria de programas e equipamentos.

9. Conclusões

A pesquisa causou modificações positivas na organização, porém não cabe analisá-las somente por seu resultado final, que foi a utilização da escala SERVQUAL para a elaboração de um modelo de PDTI para a UFRRJ, monitorado por meio da COTIC, mas sim por suas influências graduais ocorridas durante o processo de planejamento.

Logo no início da pesquisa foram observados impactos iniciais positivos somente pelo fato do estudo estar ocorrendo na organização. A iminência de uma análise aprofundada trouxe uma necessidade de "preparar" a UFRRJ para o estudo.

A análise do grupo de discentes mostrou que a expectativa dos alunos em relação ao serviço de TI sugere que o atendimento, por parte dos profissionais de TI da UFRRJ, deve ser realizado com boa vontade e de forma cortês. O alto quantitativo de discentes que não souberam responder o questionário SERVQUAL, reflete que mesmo sem conhecer o setor, os discentes esperam presteza na execução do trabalho. Diferente do grupo anterior, a expectativa dos técnicos administrativos é de que o atendimento solucione o problema proposto. Por possuir uma maior dependência de aparatos tecnológicos para a realização do trabalho os respondentes mostraram conhecer a estrutura, o que facilitou o entendimento quanto as limitações atuais do setor.

A dificuldade de levantamento de dados com o grupo docente mostrou o pouco contato que os representantes deste grupo têm com o serviço de TI diretamente. A maioria dos docentes não utilizou a infraestrutura de TI da UFRRJ para realização de suas pesquisas na primeira vez que foram convidados a participarem da pesquisa, quando o questionário poderia ser respondido de forma on line. Apesar das limitações, como dificuldade na coleta dos dados e não cooperação por parte de alguns docentes, a análise da amostra evidenciou que a maior necessidade da categoria diz respeito a utilização dos sistemas acadêmicos de apoio ao ensino. Por fim, a principal contribuição da análise da qualidade e expectativa de serviço, foi que as três categorias de amostra possuem opiniões distintas a respeito do serviço, o que refletiu na diversidade de opinião e em um tratamento diferenciado na elaboração do PDTI.

Referências

Andrews, K. R (1991). The Concept of Corporate Strategy. New Jersey: Prentice-Hall, 1991.

COTIC, Coordenadoria de Tecnologia da Informação e comunicação(2015). Disponível em < http:/www.cotic.ufrrj.br >. Acesso em 22 jan. 2015.

Gil, A.C (1999). Métodos e técnicas de pesquisa social. 5. ed. São Paulo: Atlas.

Limesurvey Features and Manual (2014). Disponível em: < http://www.limesurvey.org/ > Acesso: 17 de fev. 2014.

Mintzberg, H (2004). Ascensão e queda do planejamento estratégico. Porto Alegre: Bookman.

Oliveira, S. B.; Almeida Neto, M. A.; Barbará, F. N (2014). Planejamento Estratégico de TI: Formulário de Levantamento de Dados sobre a Situação geral da Organização (FLD01) Relatório Técnico de Projeto. UFRRJ/DCAC: Seropédica – RJ, 2013. Disponível em: < http://www.slideshare.net/sbarbara/ >. Acesso em: 29 de jan.2014.

Oliveira, D. P. R de (2010).. Planejamento estratégico: conceitos, metodologias práticas. 27 ed, São Paulo: Atlas.

Parasuraman, A.; Zeithaml V. A.; Berry L. L (1985). A conceptual model of services quality and its implication for future research, Journal of Marketing, v. 49, n. 4, p. 41-50.

_____. SERVQUAL: A multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality, Journal of Retailing, v. 64, n. 1, p. 12-40, 1988.

_____. Delivering quality service. Balancing customer perceptions and expectations. New York: The Free Press, 1990.

_____. Reassessment of expectation as a comparison standard in measuring service quality: implications for further research. Journal of Marketing, v. 58, n. 1, p. 111-124, 1994.

Rezende, J (2013) . Estatística aplicada a finanças. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora.

Richardson, R. J (2007). Pesquisa social: métodos e técnicas. 3 ed. São Paulo: Atlas.

Roesch, S.M.A (2005). Projetos de estágio e de pesquisa em administração: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudos de caso. 3. ed. São Paulo, SP: Atlas.

Salomi, G. G. E; Miguel, P. A. C., Abackerli, A. J (2005). Servqual x servperf: comparação entre instrumentos para avaliação da qualidade de serviços internos. Revista Gestão & Produção, v.12, n.2, p.279-293, mai.-ago.

Scramim, F. C. L; Batalha, M. O (1997). Planejamento estratégico em pequena indústria: metodologia, aplicação e resultados. In: XVII Encontro Nacional De Engenharia De Produção. Anais, Gramado/Canela, Rio Grande do Sul/RS.

SISP (2012). Guia de elaboração de PDTI do SISP: versão 1.0 / Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação. - Brasília: MP/SLTI.

UFRRJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Relatório de gestão UFRRJ, 2013. Disponível em: < http://www.ufrrj.br >. Acesso em: 29 de Janeiro de 2014.

Vergara, S. C. (2012). Métodos de pesquisa em administração. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 04/09/2019
Aceitação/Acceptance: 10/11/2019

ExploraGo: Prototipo de aplicación móvil sensible al contexto para entornos informales de aprendizaje

David Santiago García Chicangana[1], Oscar Santiago López Erazo[1], Carolina González[1], Jorge Muñoz[1]

dsgarcia@unicauca.edu.co, santiagolopez94@unicauca.edu.co, cgonzals@unicauca.edu.co, jorgevelasco@unicauca.edu.co

[1] Universidad del Cauca, Popayán, Colombia.

Pages: 177–187

Resumen: En este artículo se presenta ExploraGo, una aplicación móvil sensible al contexto para dispositivos Android que permite a los visitantes de los museos obtener una experiencia de aprendizaje lúdica y enriquecida. Esta propuesta utiliza elementos de gamificación y del contexto para brindar un mejor contenido adecuado al dispositivo del usuario a la vez que se desafía a investigar y explorar las diferentes piezas que tiene el museo en exposición.

Palabras-clave: aplicación móvil, contexto, gamificación, contenido, museos

ExploraGo: Context-sensitive mobile application prototype for informal learning environments

Abstract: In this article, we present ExploraGo, a context awareness mobile application prototype for devices that allows visitors to obtain a playful and enriched learning experience. This proposal uses game elements and context to provide a better content, a user device, once it is challenged, it is investigated and explores the different elements that the museum has in the exhibition

Keywords*:* mobile application, context-awareness, gamification, content-delivery, museum.

1. Introducción

En la actualidad, los dispositivos móviles han cobrado gran importancia ya que proporcionan múltiples funciones que benefician al ser humano en cualquier espacio y tiempo. En espacios informales como los museos, estos dispositivos permiten a las personas mejorar su interacción y experiencia con este tipo de entornos, haciendo que la relación entre estos dos actores fundamentales mejore (Andritsou et al. 2018).

El uso adecuado de las tecnologías en los museos, permitirá mejorar el interés de las personas al hacer la exhibición más atractiva, sin embargo, el mal uso de las mismas, puede causar que las personas desvíen su atención, la mayor parte del tiempo, a las

pantallas de estos dispositivos. Por ello, uno de los principales desafíos es buscar un balance en el cual las personas centren su atención en la exhibición y lo que presenta la aplicación de tal manera que permita mejorar su interés y su comprensión (Andritsou et al. 2018).

Para que la interacción en el museo sea mayor, es necesario tener en cuenta la entrega de contenido, que se refiere a la forma en que se crea el contenido y se proporciona a las personas, así como a la forma en que navegan e interactúan con él (Loke 2006). Si se considera la información del contexto, la entrega de contenido se puede enriquecer al brindarles un contenido educativo de una manera óptima logrando mejorar la motivación por volver a este tipo de espacios (Madhubala, R., and Akila 2017).

Respecto al uso de la gamificación en los museos, esta puede mejorar el aprendizaje de los usuarios a la vez que aumenta su motivación (Borrero 2015), incentiva su curiosidad y brinda una dirección clara sobre qué aprender en su visita (Men et al. 2019). Por lo anterior, se hace necesario el desarrollo de estrategias gamificadas basadas en el uso de dispositivos móviles, que teniendo en cuenta la información del contexto, proporcionen una experiencia de aprendizaje interactiva y participativa donde el usuario, asumiendo el rol de jugador, resuelva diferentes misiones y desafíos que le ayuden a maximizar su conocimiento.

En este artículo se presenta el prototipo de aplicación móvil desarrollada para dispositivos Android (una para el usuario/grupo o visitante(s) y otra para el guía) y un prototipo de aplicación web para el administrador. La aplicación para el usuario usa entidades del contexto, mecanismos de entrega de contenido y elementos gamificados como puntos, retos, entre otros. La aplicación del guía, además de crear y definir los retos para el grupo de visitantes, usa mecanismos de entrega de contenido para visualizar la información de las diferentes piezas del museo, es decir, los objetos que se encuentran en exposición para los visitantes. Respecto al prototipo de aplicación web, el administrador podrá visualizar un tablero de posiciones para los grupos que más han obtenido experiencia en las visitas y un tablero de posiciones individual donde se muestran los usuarios que más han obtenido experiencia durante la visita.

2. Estado del arte

En (Andritsou et al. 2018), se presenta una aplicación para el sistema operativo Android que utiliza NFC desarrollada con el objetivo de inspirar a los visitantes del Museo de Mineralogía y Petrología de la Universidad de Atenas para que se centren en los detalles de las exhibiciones. La aplicación MoMaP utiliza un enfoque de gamificación que invita a los visitantes a acumular puntos en un juego en el que participan en el tour y les permite compartir su experiencia en el museo con otros y, finalmente, construir un recuerdo digital personalizado. Una expansión adicional que va a personalizar aún más la aplicación es el soporte de diferentes tipos de juegos, dependiendo del tiempo que los visitantes quieran pasar o las áreas temáticas que más les interesen en el museo.

En (Borrero 2015), se realiza una experiencia piloto utilizando un juego serio desarrollado para la Casa Museo de Mosquera, durante la Semana Santa de 2015. El estudio describe un tipo de juego basado en pistas de seguimiento, en el cual la guía de acompañamiento toma un papel crucial ya que durante el viaje ayudará a resolver cada una de las pistas

proporcionadas en el juego. La prueba piloto demostró que el acceso a Wifi en todo el museo es necesario para evitar la pérdida de potencial de los usuarios. Como trabajo futuro, se pretende implementar un mayor número de misiones, con diferentes niveles de dificultad y con logros que permitan premiar al usuario a alcanzar diferentes tipos de medallas dentro del juego; añadir compatibilidad con redes sociales, como Facebook, para permitir la creación de perfiles y facilitar que el usuario pueda compartir los logros obtenidos.

En (Kristianto et al. 2018), se crea un sistema de gamificación con tecnología de códigos de respuesta rápida (QR por sus siglas en ingles), su objetivo es hacer que el usuario recorra el museo para buscar respuestas las cuales obtiene escaneando el código QR que se encuentra en los objetos del museo. Cuando una sesión se termina, los usuarios recibirán puntos los cuales podrán intercambiar por recompensas. El método de gamificación podrá implementarse en las visitas al museo mejorando el aprendizaje en este espacio. Los componentes utilizados por los usuarios en este estudio como "Búsqueda", "Logro", "Recompensa" y "Desafío" permitirán motivarlos y dirigir su emoción, en este caso su curiosidad. Según los autores, este estudio podrá tomarse como base acerca de cómo se debe desarrollar e implementar la gamificación en la educación.

En (Mandula et al. 2011), se proponen dos modelos para evaluar la entrega de contenidos al estudiante: (i) orientado a la presentación del contenido a través de identificación por radiofrecuencia (RFID por sus siglas en inglés), mediante el uso de una aplicación en un dispositivo móvil para capturar el identificador del objeto de aprendizaje y posteriormente mostrarle contenido relevante y (ii) orientado a servicios basados en la ubicación para detectar el contexto basado en el cliente, el cual, se realizó utilizando sensores inteligentes (Bluetooth, GPS, RFID, etc.) y dispositivos implementados en el entorno circundante del estudiante. Los autores mencionaron dificultades en la lectura del tag debido al manejo no adecuado por parte del estudiante. Aunque hay varios aspectos a considerar del contexto como luminosidad, temperatura, locación, clima y humedad, este trabajo solo abordó el de la ubicación.

En (Tortorella and Graf 2017), se propone un enfoque para proveer contenido a los estudiantes según su estilo de aprendizaje y el contexto en que se encuentran. Con esa información el sistema puede presentar el formato de contenido de aprendizaje más apropiado. La arquitectura del sistema contiene un componente de modelado de contexto que almacena la información del contexto suministrada de los 4 sensores seleccionados (proximidad, acelerómetro, luz ambiental y GPS), y un motor de adaptación, que calcula el formato de contenido más apropiado para el estudiante. La adaptabilidad contextual del sistema no fue evaluada debido a que los estudiantes utilizaron simuladores iOS donde las diversas piezas del contexto no estaban disponibles.

En (Curum, Chellapermal, and Khedo 2017), presentan un sistema de aprendizaje móvil sensible al contexto sobre el cual se usan parámetros del contexto intrínseco y extrínseco para mejorar la experiencia de usuario. Al percibir el contexto el sistema puede proporcionar servicios e información pertinente a los usuarios finales en función de las condiciones de su entorno. El desafío está en implementar aplicaciones basadas en el contexto de manera eficiente utilizando datos generados de manera dinámica obtenidos de circunstancias reales. La captura de información del contexto se realiza por medio de sensores de luz, sonido, tacto, temperatura entre otros.

De acuerdo con las investigaciones encontradas y brechas identificadas durante el proceso de revisión de la literatura, la presente propuesta plantea un prototipo móvil interactivo donde el principal aporte es el uso de la información del contexto para una entrega adecuada de contenido y la aplicación de una estrategia gamificada con el fin de fomentar la integración de todos los usuarios desde el inicio hasta el fin de la experiencia de uso del mismo, contribuir en la adquisición del conocimiento y el aumento en la motivación de los usuarios mediante la búsqueda, análisis y deducción de la información en espacios de aprendizaje informal.

3. ExploraGo – Prototipo de aplicación móvil para explorar museos

El desarrollo de la solución, fue construido siguiendo el marco de trabajo Scrum (Highsmith and Cockburn 2001). La metodología permitió definirlos roles a asumir por cada uno de los miembros del equipo. Se establecieron un conjunto de 6 Sprint para el desarrollo de los prototipos, con un tiempo de 2 semanas por cada uno. La solución obtenida se compone de dos prototipos de aplicación móvil para dispositivos Android y un prototipo de aplicación web. Los dos prototipos móviles corresponden a lo que se denomina experiencia individual y grupal respectivamente. A continuación, se detallan las funcionalidades de cada prototipo.

El primer prototipo móvil corresponde a la experiencia individual, el cual es una aplicación gamificada que permite a cada usuario (visitante) explorar los museos de una manera lúdica y diferente respecto a las aplicaciones convencionales para este tipo de entornos, de tal forma que incentiva la participación de los usuarios y contribuye en su conocimiento. Este prototipo podrá ser utilizado por cualquier persona que visite estos espacios como estudiantes, profesores, entre otros.

Respecto a la gamificación, los elementos utilizados para este prototipo son los siguientes:

- Experiencia: Es el puntaje que se podrá encontrar en el prototipo y será la forma de medir los retos que ha realizado el jugador, conocer que tanto ha visitado y que tanto ha progreso ha logrado en el prototipo móvil. Para obtenerla, el usuario deberá completar los retos.
- Retos: Son las actividades que realiza el usuario en el museo, en la cual, el prototipo los retara a buscar una pieza determinada a través de la información que se mostrara en su dispositivo. Estas actividades brindan experiencia que podrá clasificarse en los rangos.
- Rangos: Es la clasificación de los usuarios según su nivel de experiencia obtenida en el prototipo. Los niveles que se pueden alcanzar se presentan en la tabla 1.

Orden	Pages: –187	Rango de experiencia (Exp)
1	Novato	0 a 8375
2	Junior	8376 a 16750
3	Experto	16751 a 25125
4	Master	25126 a 33500

Tabla 1 – Rangos del prototipo

La clasificación de los rangos se hizo con base en la cantidad de experiencia que un usuario puede obtener al resolver los retos del museo. El total de retos definidos para el museo de Historia natural de retos definidos para el museo corresponde a 67. Cada reto tiene una experiencia asociada de 500, por lo que la totalidad de experiencia que se puede obtener es de (67*500= 33500). Para poder clasificar se dividió la experiencia total sobre 4 (33500/4=8375). Con base en este valor, se establecieron los rangos definidos en la tabla anterior.

- Insignias: Es un distintivo que se le otorga a un usuario indicando reconocimiento por acciones realizadas a través del prototipo móvil en el museo. Los reconocimientos se presentan en la tabla 2.

Nº	Nombre	Descripción
1	Explorador de Aves	Por haber descubierto tres piezas de la sala de ornitología.
2	Explorador de especies acuáticas	Por haber descubierto tres piezas de la sala de oceanografía
3	Explorador arqueológico	Por haber descubierto tres piezas de la sala de geología y paleontología
4	Explorador de mamífero	Por haber descubierto tres piezas de la sala de mastozoología.
5	Master explorador de aves	Veintitrés piezas descubiertas de la sala de ornitología.
6	Master explorador de especies acuáticas	Trece piezas descubiertas de la sala de oceanografía
7	Master explorador de arqueológico	Catorce piezas descubiertos en la sala
8	Master explorador de mamíferos	Diecisiete piezas descubiertas en la sala de mastozoología.
9	Nuevo explorador	Por haber descubierto cinco piezas en total en el museo
10	Explorador Implacable	Por haber descubierto diez piezas en total
11	Exploramaniaco	Por haber descubierto veinte piezas en total

Tabla 2 – Insignias del prototipo

- Barras de progreso: Es un indicador que le permite al usuario observar el avance que ha obtenido en el museo, es decir, controlar cuantos desafíos ha realizado sobre el total. Por ejemplo: 10/67 que indica que ha completado 10 de los 67 retos que el museo tiene.
- Pistas: Es un indicio que permite deducir alguna situación de la que no se tiene conocimiento. Son usadas por el usuario para orientarse en la búsqueda por la pieza que está preguntando el reto. Cabe resaltar que cada usuario cuenta con 5 pistas, la primera pista se recibe para solucionar el reto y no tiene ninguna penalización. A partir de la segunda, cada pista que el usuario solicite obtendrá una penalidad de 50 puntos la cual será, pero de la segunda en adelante tendrá una penalidad de 50 puntos de experiencia los cuales serán restados de la experiencia del reto, el cual, se está resolviendo.

- Rankings: La lista de posiciones de los usuarios que han realizado retos en el museo. Estará ordenados por la experiencia obtenida de mayor a menor. Este ranking permitirá visualizar la lista de los usuarios como de los grupos que han realizado exploraciones en el museo.

Las insignias, rangos y experiencia se podrán visualizar en el perfil del explorador como se muestra en la Figura 1.

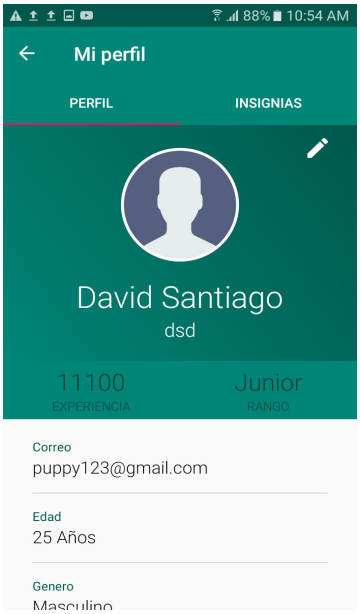


Figura 1 – Interfaz del perfil del explorador

A través de este prototipo, el usuario se convierta en un explorador que, mediante una serie de retos, se motiva a conocer y aprender sobre las diferentes piezas que el museo tiene en exposición para sus visitantes. Los usuarios son incentivados a buscar y analizar la información disponible para deducir la posible solución de reto planteado por la aplicación y así ganar experiencia. En la figura 2 se observa la interfaz donde el usuario, una vez seleccionado el museo, podrá acceder a los retos.

Cuando un usuario inicia la experiencia, deberá leer los código QR que se encuentran en la entrada de cada sala para obtener los retos de dicho lugar. Una vez obtenidos, el usuario procederá a seleccionar uno de ellos para empezar la búsqueda de la pieza por la que se está preguntando. Cada pieza cuenta con un código QR que podrá ser leído haciendo uso del lector integrado en la aplicación. Cuando el usuario este seguro de haber encontrado la pieza por la que se pregunta, procederá a escaneará el código QR asociado a esta para verificar si es o no la respuesta a la aplicación.

Una vez el usuario haya descubierto una pieza, esta se agregará a su mochila de explorador. Esta funcionalidad permite almacenar las piezas que el usuario ha encontrado al

solucionar los retos lo que denominamos como “Recuerdos digitales”. El usuario podrá ampliar la información acerca de cada pieza al presionar sobre cada una. En la figura 3 se podrá observar la funcionalidad.



Figura 2 – Interfaz de la aplicación del usuario

Al seleccionar una pieza de la mochila, el usuario podrá acceder al contenido que la aplicación ofrece en sus diferentes formatos: texto, imagen, audio y video. Para realizar esta entrega de contenido, la aplicación calcula la calidad del dispositivo mediante un algoritmo que involucra sus características (Memoria RAM y tamaño de pantalla) y las condiciones de red. Según la calidad, la aplicación mostrara el tipo de contenido adecuado para el dispositivo.

El segundo prototipo móvil corresponde a la experiencia grupal. Este fue diseñado para el guía de los museos, debido a su importancia en las visitas guiadas que ofrecen los museos. Esta aplicación permitirá mejorar la experiencia tanto para el guía como para los visitantes. El guía crea un grupo al cual los visitantes se podrán unir para que puedan resolver entre todos los diferentes retos planteados por el guía, lo cual promueve la cooperación y la interacción entre los miembros del grupo. Para que los visitantes puedan participar en esta experiencia, es necesario que cuenten con el primer prototipo móvil descrito anteriormente.

Por último, el prototipo de aplicación web permite visualizar en un tablero de posiciones de los usuarios y los grupos de exploración que han obtenido mayor experiencia en las visitas realizadas al museo mediante los prototipos. Este prototipo está destinado para los administradores de estos espacios. La visualización del tablero estará visible para el público en la entrada en los museos con el objetivo de reconocer el esfuerzo y el trabajo realizado por los visitantes, promoviendo la sana competencia y motivando la visita frecuente a este tipo de entornos.

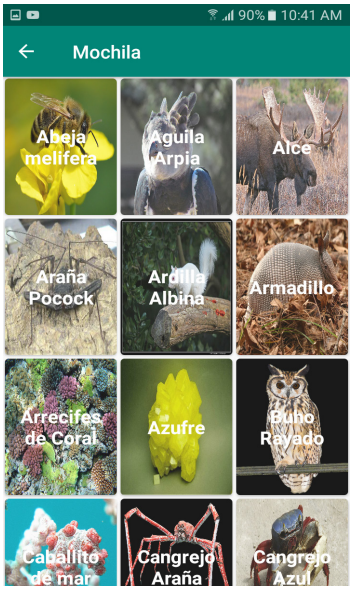


Figura 3 – Interfaz de la mochila

3.1. Arquitectura

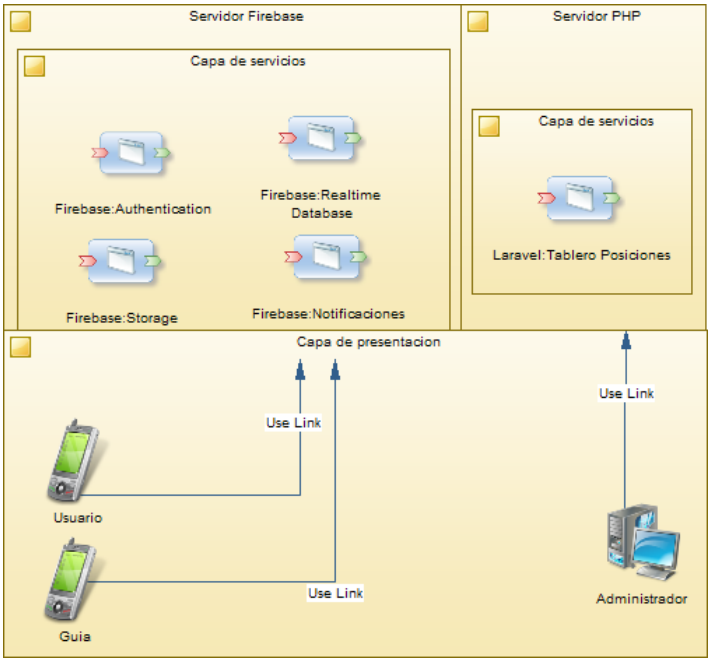


Figura 4 – Arquitectura de ExploraGo

La arquitectura de la solución se encuentra dividida en tres capas: (i) servidor, la cual contiene los servidores en la nube utilizados para la presente aplicación, (ii) servicios, los cuales son brindados por Firebase y (iii) cliente, quien consume los servicios a través de los prototipos desarrollados. En la figura 4 se podrá observar la arquitectura propuesta para esta solución. Además, en las tablas 3 y 4 se presenta el significado de los símbolos y los servicios empleados en la arquitectura respectivamente.

Símbolo	Nombre	Definición
	Dispositivo móvil	Dispositivo móvil usado para ejecutar las aplicaciones para el usuario y el guía.
	Computador de escritorio	Computador de escritorio usado para ejecutar la aplicación del administrador.
	Servicio	Servicio empleado para el intercambio de información en los dispositivos móviles y de escritorio.
	Línea de uso	Significa el uso que se le da a un servicio por parte del dispositivo móvil o el computador de escritorio.

Tabla 3 – Símbolos de la arquitectura

Servicio	Descripción
Firebase Authentication	Permite que los usuarios se autentiquen en Firebase con su dirección de correo electrónico y contraseña, Facebook o Twitter.
Firebase Realtime Database	Permite almacenar y sincronizar datos con una base de datos NoSQL alojada en la nube.
Firebase Storage	Permite subir archivos a la nube y compartirlos entre usuarios.
Firebase Notifications	Permite enviar mensajes de forma segura y gratuita a los usuarios.
Tablero de posiciones	Permite mostrar el tablero de posiciones con la experiencia obtenida por solucionar retos grupales e individuales.

Tabla 4 – Servicios de la arquitectura

3.2. Usando ExploraGo en el contexto real

Los prototipos anteriormente presentados fueron utilizados por en el Museo de Historia Natural de la Universidad del cauca con grupos de estudiantes entre 10 a 27 años que agendaron su visita a este lugar. Los participantes llenaron un test de conocimiento sobre conceptos de la temática que maneja el museo al inicio y al final de la experiencia. Además, llenaron un test de satisfacción para conocer su opinión sobre el prototipo.

Los resultados obtenidos en los tests de conocimiento muestran que el grupo de participantes inició con un 53,53% de acierto en las preguntas. Luego de la experiencia al utilizar el prototipo, el porcentaje aumentó a 66,23%, con un incremento del 12,70%.

Respecto a los resultados obtenidos del test de satisfacción realizado evidencia que el prototipo fue fácil de usar, amigable para los usuarios, resultó dinámico y despertó su interés. Además, se consideró innovador ya que incentiva una nueva forma de aprender a través del análisis y la deducción de la información para hallar las piezas. Según las opiniones, la aplicación promueve la interacción y el aprendizaje activo ya que las personas se integraron en las actividades desde principio a fin, enfocándose en el análisis de la información brindada por él prototipo.

También, se evidencio la necesidad de mejorar el prototipo en aspectos como: hacer que sea mucho más didáctico para los niños, una introducción sobre cómo utilizar las funcionalidades principales, que su funcionamiento no dependa de una conexión a internet, mejorar en el diseño de los código QR, el contenido presentado en el prototipo y la usabilidad en sus interfaces.

A nivel general, se identificaron varios aspectos de mejora en el prototipo que permitirán mejorarlo para incrementar su uso y motivación en estos espacios. Además, la visualización de los retos, las pistas y el contenido en general, no debe ser interrumpida por condiciones de la red ya que pueden producir sentimientos de frustración y desorientación en la experiencia con el prototipo.

4. Conclusiones y trabajo futuro

- El uso de herramientas como Firebase para la construcción del prototipo disminuyó el tiempo de desarrollo y facilitó la implementación de sus funcionalidades. Esto permitió realizar validaciones de manera más ágil y obteniendo una retroalimentación más temprana.
- La entrega de contenido permite desplegar al usuario la información sobre las piezas del museo que han obtenido de acuerdo a las capacidades con las que cuenta su dispositivo. Según la calidad del dispositivo calculada con base en las entidades del contexto percibidas, la aplicación mostrara los formatos de contenido más adecuados, mejorando así su experiencia.
- Esta aplicación podrá ser utilizada en diferentes museos ya que la arquitectura fue diseñada para que cualquier museo pueda aplicarla a su contexto y a la temática que maneja. Además, permitirá a sus visitantes tener una experiencia lúdica e interactiva con las piezas que poseen para su exposición.
- Para optimizar la aplicación y verificar su potencial planteamos como trabajo futuro realizar un estudio de caso en el Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca para evaluar de una manera más completa la aplicación en términos de la motivación de los usuarios y el aumento del conocimiento adquirido mediante la solución propuesta.

Agradecimientos

Estamos agradecidos con el grupo de investigación en inteligencia computacional (GICO), el proyecto SmartSchool ID4565 perteneciente al mismo grupo y el Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca por su apoyo brindado durante el desarrollo del presente proyecto.

Referencias

Andritsou, Georgia, Yannis Ioannidis, Vivi Katifori, and Vassilis Kourtis. 2018. "MoMaP – An Interactive Gamified App for the Museum of Mineralogy." *2018 10th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games)*.

Borrero, Felipe. 2015. "Gamification Techniques in Tourism, Application Test, Casa Mosquera Museum." *Sistemas y Telemática* 13(33):63.

Curum, Brita, Nigel Chellapermal, and Kavi Kumar Khedo. 2017. "A Context-Aware Mobile Learning System Using Dynamic Content Adaptation for Personalized Learning." Pp. 305–13 in *Lecture Notes in Electrical Engineering*. Vol. 416.

Highsmith, Jim and Alistair Cockburn. 2001. "Agile Software Development: The Business of Innovation." *Computer* 34(9):120–22.

Kristianto, Kelvin, Kerin Dela, Handri Santoso, Jl M. H. Thamrin, and K. M. Panunggangan. 2018. "Implementation of Gamification to Improve Learning in Museum." *Journal of Engineering and Science Research* 2(1):71–76.

Loke, Seng Wai. 2006. *Context-Aware Pervasive Systems: Architectures for a New Breed of Applications*.

Madhubala, R., and A. Akila. 2017. "Context Aware and Adaptive Mobile Learning : A Survey." *Advances in Computational Sciences and Technology* 10(5):1355–70.

Mandula, Kumar, Srinivasa Rao Meda, Dhanander Kumar Jain, and Radhika Kambham. 2011. "Implementation of Ubiquitous Learning System Using Sensor Technologies." *2011 IEEE International Conference on Technology for Education* 142–48.

Men, Yidan, Robert Chen, Nick Higgett, and Xiaoping Hu. 2019. "A Study to Improve Education Through Gamification Multimedia in Museum." 795:294–304.

Tortorella, Richard A. W. and Sabine Graf. 2017. "Considering Learning Styles and Context-Awareness for Mobile Adaptive Learning." *Education and Information Technologies* 22(1):297–315.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 28/10/2019
Aceitação/Acceptance: 29/12/2019

A Usabilidade do EASETECH: um software para a avaliação do ciclo de vida de sistemas complexos

Saulo Barbará de Oliveira[1], Claudio Fernando Mahler[2], Favio Akiyoshi Toda[3], Sandro Luís Freire de Castro Silva[4], Antonio Augusto Gonçalves[5]

saulobarbara@gmail.com, cfmahler@gmail.com, faviotoda@id.uff.br, sandrofreire@gmail.com, augusto@inca.gov.br

[1] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR-465 Km7, 23897-000, Seropédica – Rio de Janeiro, Brasil.

[2] Universidade Federal do Rio de Janeiro / UFRJ/PEC-COPPE, Rua Gomes Carneiro 34/802, Ipanema, Rio de Janeiro. Brasil.

[3] Universidade Federal Fluminense, Centro de Niterói, Rio de Janeiro, Brasil.

[4,5] Instituto Nacional de Câncer José de Alecar Gomes da Silva, Rua do Rezende 195, 20230-026, Rio de Janeiro, Brasil.

Pages: 188–200

Resumo: Uma das inovações significativas na Gestão Ambiental foi a introdução de softwares destinados a avaliação do ciclo de vida (AVC) de sistemas complexos, que possibilitam levantar com vantagens, os impactos ambientais da produção, que vão da extração de recursos naturais, passando pela fabricação, uso, reutilização/reciclagem de produtos até a destinação final dos resíduos. Este trabalho visa contribuir para um melhor entendimento sobre a usabilidade do EASETECH (Environmental Assessment System for Environmental Technologies), um dos softwares mais utilizados para esta finalidade. O Questionário de Usabilidade do Sistema de Pós-Estudo (PSSUQ) foi aplicado ao final de cada uma das cinco seções de uso do Easetech, destinadas a alunos da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Neste estudo, quantitativo, exploratório e descritivo, os resultados sugerem a necessidade de melhorias nas três categorias avaliadas e na satisfação geral do usuário a fim de tornar o uso deste software mais fácil e amigável.

Palavras-chave: Avaliação de Usabilidade; Software Easetech; Avaliação do Ciclo de Vida; ACV.

The EASETECH Usability: a life cycle assessment software

Abstract: One of the significant innovations in Environmental Management was the introduction of softwares for life cycle assessment (LCA) of complex systems, which makes it possible to access with advantage, the environmental impacts of production, ranging from the extraction of natural resources through manufacturing, product use, reuse, recycling until final disposal of waste. This paper aims to contribute to a better understanding of the usability of the EASETECH

(Environmental Assessment System for Environmental Technologies), one of the most used software for this purpose. The Post-Study System Usability Questionnaire (PSSUQ) was applied to students of Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ) at the end of each of five Easetech's use sections. In this quantitative, exploratory and descriptive study, the results suggest the need for improvements in the three categories evaluated and overall user satisfaction in order to make the use of this software easier and more user-friendly.

***Keywords**:* Usability Assessment; Easetech Software; Life Cycle Assessment; LCA.

1. Introdução

A tecnologia da informação (TI) fornece à sociedade uma variedade de ferramentas com capacidade para eliminar o retrabalho, reduzir o estresse e melhorar a gestão de toda a cadeia produtiva. Porém, apenas recentemente foi que começaram a aparecer no mercado softwares capazes de contribuir, mais efetivamente, na gestão dos impactos ambientais causados pelos resíduos da produção, como é o caso do Easetech, software ora avaliado. Sua principal finalidade é facilitar a avaliação do ciclo de vida (ACV) de sistemas complexos que lidam com fluxos de materiais heterogêneos, visando a modelar o uso e recuperação de recursos, e reduzir as emissões associadas à gestão ambiental.

Paralelamente, a preocupação com as questões ambientais clama pela atenção dos diversos stakeholders da cadeia produtiva, desde governos, organizações não governamentais (ONG´s) e até a sociedade como um todo (Mahler & Moura, 2017). Nesse sentido, a ACV é um avanço na tentativa organizada e desesperada do ser humano de compreender e cessar o processo de destrição sistemática do planeta, próprio ao sistema capitalista, implantado desde o início do século XIX (Oliveira e Mahler, 2018).

Na esteira das preocupações está a má gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU), um dos problemas sócio-ambientais mais graves, especialmente nos países subdesenvolvidos e emergentes. Vários são os problemas causados pela ineficiência no gerenciamento dos RSU, que vão desde a sua coleta até o seu descarte, o que agrava o impacto ambiental e torna precária a qualidade de vida das pessoas, em especial as que vivem em torno de locais de disposição de resíduos (Mahler et al., 2016; Bernstad et al, 2018).

Por outro lado, o uso de programas computacionais específicos visando o gerenciamento dos resíduos da produção, em substituição às tradicionais planilhas eletrônicas, vem provando ser uma solução capaz de contribuir para a identificação, classificação e mitigação de impactos ambientais. Este tipo de programa permite avaliar todo o ciclo de vida (ACV) dos resíduos sólidos para facilitar seu gerenciamento, inclusive reduzindo o tempo necessário para descobrir possíveis impactos ambientais e facilitando a formulação de estratégias de tratamento, mitigando problemas e aumentando a confiabilidade dos resultados gerados no processo de tomada de decisão. (Oliveira e Mahler, 2018).

As principais vantagens do Easetech em comparação com outros softwares de ACV, são três (Clavreul et al., 2014): a) a modelagem dos dados é focada no fluxo de materiais. Isto é deveras importante, pois, uma vez que cada material é caracterizado como uma mistura de frações de materiais com diferentes propriedades, suas composições podem ser computadas nos cálculos de ACV; b) o software foi desenvolvido de modo a facilitar a

configuração de cenários usando uma caixa de ferramentas que permite a manipulação de fluxos de materiais de diversos tipos e maneiras e utilizando diferentes cálculos de emissão; c) contém ferramentas para análise de incerteza, permitindo ao usuário parametrizar completamente o sistema e propagar as distribuições de probabilidade usando a técnica de análise de Monte Carlo.

Embora existe no mercado uma variedade de programas para esse fim, o fato de o Easetech (2019) ser um software livre (freeware), o torna muito oportuno e bastante atraente para as organizações que enfrentam restrições orçamentárias, uma ocorrência comum em países mais pobres e em desenvolvimento.

Entretanto, os fornecedores de TI ainda enfrentam o desafio de disponibilizar softwares fáceis de serem aprendidos e simples de serem usados: daí o valor da usabilidade.

A análise dos requisitos de usabilidade é uma das atividades mais importantes da indústria de software. Por meio desta análise é possível avaliar até que ponto o uso de um determinado software ou sistema é fácil ou difícil, e introduzir em seu processo de desenvolvimento o que os usuários mais prezam (Kortum & Peres, (2014). Uma vez que os usuários são os que mais bem definem a qualidade de um produto ou serviço, a avaliação da sua usabilidade requer necessariamente consultá-los (Raza et al., 2012).

1.1. Objetivo e Questão Pesquisada

Este artigo descreve o processo de avaliação da usabilidade do Easetech (2019); software amplamente utilizado na ACV visando buscar as melhores soluções para mitigar os impactos ambientais. A avaliação foi realizada com base na percepção de usuários finais, em relação à facilidade de aprendizagem e uso do software. O estudo teve como objetivo encontrar resposta para a seguinte pergunta de pesquisa: Como os usuários finais do Easetech do Grupo de Estudo em Tratamento de Resíduos Sólidos (GETRES), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), percebem a sua usabilidade?

Considerando que a usabilidade é um conceito mais abrangente do que pelo qual normalmente é entendido (Falco et al., 2018), passando por diferentes definições e interpretações, neste artigo a "usabilidade" refere-se à facilidade de aprendizagem e uso dos recursos de software, neste caso, o Easetech (2019).

2. A Usabilidade e seus Instrumentos de Avaliação

A usabilidade é considerada um dos fatores de sucesso ou fracasso de um sistema. Este fato pode explicar o crescente número de publicações sobre a avaliação da usabilidade de softwares nos últimos anos (Ammar, 2016). Exemplo disso, é que no portal brasileiro de periódicos da CAPES, que dá acesso a diversas bases de dados de periódicos brasileiros e estrangeiros, como as bases ISI Web Knowledge, Scopus e Sciello, uma pesquisa feita pelos pesquisadores em 9 de agosto deste ano (2019) com a palavra-chave "usability" recuperou 182.902 registros, dos quais 1.369 envolviam a palavra-chave "software usability" e 4.861 registros sobre "system usability".

A usabilidade de um programa está relacionada à percepção dos usuários durante a sua interação com o mesmo. Consequentemente, ela pode ser usada para avaliar a qualidade de um sistema (Cilumbriello et al., 2018).

Usabilidade refere-se à capacidade técnica e humana de um grupo específico de usuários de um produto ou serviço para completar uma série de tarefas, por meio de treinamento e suporte de usuários, em uma determinada configuração. A usabilidade de um programa, software ou sistema está estreitamente relacionada a cinco atributos: aprendizado, eficiência, facilidade de memorização, baixa taxa de erro e alta satisfação do usuário. Por esse motivo, os testes de usabilidade são uma ferramenta fundamental para avaliar as interfaces de software em termos de eficácia e facilidade de uso (Hong-Liu et al., 2011).

A usabilidade tem três dimensões distintas: efetividade (se o usuário pode realizar tarefas com sucesso); eficiência (se o usuário pode executar tarefas rapidamente); e satisfação (se o usuário gosta de executar tarefas com este software) (Kortum & Peres, 2014).

Problemas envolvendo a usabilidade de softwares e sistemas são frequentes e mais comuns do que parecem à primeira vista (Patsoule & Koutsabasis, 2014). Porém, vários instrumentos podem ser usados para avaliar a satisfação de usuários de software, como a ISO/IEC 25030 (2007) e a ISO/IEC 25010 (2011), sendo a usabilidade um dos requisitos comumente empregados para isso.

Muitos estudos foram conduzidos com base na avaliação das características de usabilidade fornecidas pela ISO / IEC 9126-1, posteriormente substituída pela ISO/ IEC 25010, que especifica um conjunto de características e requisitos para avaliação da qualidade de software. Além da usabilidade, esta norma técnica contém sete características da qualidade: funcionalidade, confiabilidade, eficiência, manutenibilidade, portabilidade, interoperabilidade e segurança. Entretanto, o conceito de usabilidade definido nas normas ISO e outros instrumentos foi bastante ampliado. Por isso, visando não se perder no emaranhado de conceituações, neste artigo, a usabilidade deve ser entendida como a facilidade de aprendizagem e uso do software Easetech.

A usabilidade pode ser avaliada a partir de dois pontos de vista específicos: interno e externo (ISO/IEC 25010, 2011); e dois métodos de avaliação podem ser empregados: testes empíricos com usuários e inspeção de usabilidade (Dumas & Salzman, 2006). Do ponto de vista interno, a avaliação é realizada durante o desenvolvimento do sistema, antes da conclusão do projeto. Sob o foco externo, medir a usabilidade envolve avaliar a qualidade do software ou sistema após a conclusão do projeto. No caso de testes empíricos, estes envolvem a interação dos usuários finais com o sistema em questão. Já o método de inspeção de usabilidade envolve a consultoria de especialistas para avaliar o sistema de acordo com um conjunto de regras ou princípios de design (Dumas & Salzman, 2006). No entanto, a melhor maneira de avaliar a usabilidade do software é investigar o sucesso do processo de interação usuário-software sobre a facilidade de aprendizagem e uso (Nielsen, 2012).

Neste estudo, o foco da avaliação foram os atributos externos, feito mediante avaliações empíricas sobre a percepção dos usuários finais do software analisado. Nesse tipo de estudo, questionários e escalas são instrumentos valiosos para coletar dados subjetivos de usuários e sua aplicação é confiável para avaliar a usabilidade (Patsoule & Koutsabasis, 2014).

Uma ampla gama de instrumentos está disponível para coletar dados visando avaliar a usabilidade de um sistema, como: Software Usability Measurement Inventory (SUMI) -

Inventário de Medição de Usabilidade de Software; Usefulness, Satisfaction, and Ease of Use Questionnaire (USEUQ) - Questionário de utilidade, satisfação e facilidade de uso; International Classification of Functionality (IFC-US I and ICF-US II) - Classificação Internacional de Funcionalidade; e o Post-Study System Usability Questionnaire (PSSUQ) - Questionário de Usabilidade do Sistema Pós-Estudo (Lewis, 1995).

O PSSUQ é perfeitamente aplicável para avaliar a usabilidade de software e sistemas (Kortum & Bangor, 2013; Kortum & Peres, 2014; Patsoule & Koutsabasis, 2014). Sua origem vem do projeto System Usability Metrics (SUMS), um projeto interno da IBM no final dos anos 80, com o fim de documentar e validar os procedimentos para medir a usabilidade dos sistemas, relacionados ao desempenho, problemas de uso e satisfação do usuário. Trata-se de um questionário com 19 itens ou questões, desenvolvido com o objetivo de avaliar a percepção dos usuários sobre sua satisfação com um software ou Sistema de computador (Lewis, 2011). O PSSUQ coleta dados para calcular as seguintes medidas: usabilidade do sistema; qualidade da informação; qualidade da interface; e satisfação geral do usuário com o sistema (Lewis, 2011). Ele é aplicado aos usuários depois que todas as tarefas de modelagem de dados e parâmetros foram concluídas. Os respondentes selecionam e marcam as várias opções em uma escala de 7 pontos, onde as pontuações mais baixas significam maior satisfação com o software (Lewis, 1995, 2011).

3. Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e o EASETECH

Nesta seção são descritos os principais conceitos sobre ACV e o Easetech, cuja finalidade é possibilitar que se tenha uma melhor compreensão sobre a importância do estudo realizado.

3.1. Avaliação do Ciclo de Vida

A ACV é um método formulado para apoiar decisões sobre a concepção, fabricação, distribuição, utilização e descarte de produtos, incluindo a possibilidade de reutilização ou eliminação dos resíduos gerados. ACV é um conceito que considera toda a cadeia produtiva, a partir da extração de matérias-primas e estendendo-se até o final da vida útil do produto, com a disposição final de resíduos em um aterro sanitário ou outra instalação apropriada. É um método útil que está sendo cada vez mais aplicado para quantificar e avaliar as interferências ambientais no ciclo de vida de produtos, processos e serviços (Willers & Rodrigues, 2014). É uma das ferramentas de tomada de decisão desenvolvidas para identificar e avaliar os aspectos ambientais e potenciais impactos de um produto durante seu ciclo de vida (ABNT NBR ISO 14040, 2014). Trata-se de uma técnica desenvolvida para avaliar os impactos ambientais que, com base em pontos específicos do sistema, utiliza as facilidades tecnológicas como principal linha para coletar, identificar, quantificar, analisar e avaliar o consumo de recursos, os dados e informações do impacto ambiental dos produtos durante o seu ciclo de vida.

As ferramentas usadas para aplicar a ACV variam de modelos conceituais simples a programas mais completos e complexos. Essas ferramentas começaram a surgir no início dos anos 90 em diferentes países, muitas vezes de forma independente e com objetivos diferentes. Os programas mais conhecidos, são: Umberto, SimaPro, Gabi, Orware, Wisard e Easetech. (Willers & Rodrigues, 2014)

3.2. O Easetech

O software Easetech, utilizado neste estudo, é baseado em um modelo de ACV para avaliação ambiental.

O Easetech é uma nova versão do Easewaste; ambas versões foram desenvolvidas pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos da Universidade Técnica da Dinamarca (Institute of the Environment and Resources of the Technical University of Denmark), com a vantagem de ter um banco de dados mais flexível e atualizado (Easetech, 2016). Nesta nova versão, o software é mais flexível e mais fácil de usar, permitindo que diferentes processos possam ser combinados de maneiras diferentes e mostrando uma interfase gráfica mais relevante e próxima da realidade do pesquisador (Bernstad, 2018).

Easetech é um acrônimo de "Environmental Assessment System for Environmental Technologies". Seu principal objetivo é apoiar a avaliação do ciclo de vida de sistemas complexos que lidam com fluxos de materiais heterogêneos (Easetech, 2019). Este software calcula as emissões feitas para o ar, a água e o solo, bem como o consumo de recursos. Os resultados são agregados em diferentes potenciais de impacto, pelos quais os usuários podem definir todos os dados necessários para a composição, coleta, tratamento, recuperação e disposição dos resíduos para o inventário do ciclo de vida dos materiais, bem como a energia utilizada no processo do sistema de gestão de resíduos (Chen & Christensen, 2010). O Easetech também permite que o usuário identifique os processos no sistema de gestão de resíduos que fornecem as contribuições mais significativas para os impactos ambientais gerais (Kirkeby et al., 2006). Por ser um programa de ACV, o Easetech fornece suporte para avaliar a carga ambiental potencial associada ao consumo, processo, produto e a substituição de energia durante o tratamento de resíduos (Hong-Liu et al., 2011; Zhao et al., 2015).

O Easetech está disponível livremente para pesquisadores, consultores, autoridades e desenvolvedores de tecnologia, mas somente após treinamento adequado no uso e interpretação do modelo (Easetech, 2016).

4. Metodologia

A avaliação da usabilidade é comumente realizada em oficinas (workshops) com usuários finais (Paterson et al., 2011). Neste estudo, a coleta de dados foi feita em cinco sessões de workshop sobre o uso do Easetech. Os usuários que participaram eram alunos do Grupo de Estudos em Tratamento de Resíduos Sólidos (GETRES) da COPPE/UFRJ. Cada sessão teve duração de oito horas, totalizando 40 horas. Os participantes foram submetidos a diferentes tarefas envolvendo o uso do software em atividades de modelagem dos impactos dos resíduos sólidos urbanos, nas cinco seções, depois foram solicitados a responder o questionário. Um especialista no uso da Easetech conduziu as sessões e o estudo foi realizado por pesquisadores especializados em avaliação de software. No início de cada sessão, um roteiro foi entregue a cada aluno contendo uma descrição das tarefas a serem realizadas usando a Easetech. Em seguida, foram dadas as instruções e esclarecimentos sobre o que cada usuário deveria fazer individualmente.

4.1. Sujeitos da Pesquisa

A quantidade de participantes para avaliação da usabilidade ainda é uma questão em aberto e é influenciado por fatores econômicos e aspectos quantitativos. Ao aumentar o número de usuários cresce também substancialmente o custo e o tempo necessários para a avaliação. O principal desafio é tentar revelar tantos problemas de usabilidade quanto possível com um pequeno número de participantes (Nielsen, 2009, 2012; Davids et al., 2015). Em situações comuns quatro avaliações seriam suficientes para maximizar a relação benefício/custo (Nielsen & Landauer, 1993). Pela facilidade de acesso e disponibilidade dos participantes, este estudo foi realizado com 15 participantes.

Os participantes das cinco oficinas preencheram o questionário (15 em cada oficina). Entre eles 33% eram mulheres e 67% homens. A média de idade foi de 37,5 anos, com ampla variação (desvio padrão de 11,6 anos). 75% dos participantes tinham formação em engenharia (ambiental, civil, química ou produção), os restantes (25%) eram formados em administração, biologia ou farmácia. Além de alunos, a maioria (64%) era de profissionais atuantes no mercado de trabalho e os demais (36%) eram estudantes de mestrado ou doutorado com dedicação exclusiva. Igualmente 64% ainda não tinham tido experiência com algum software de ACV. Entre os que relataram alguma experiência, 36% já tinham tido contato com os softwares: Simapro, Gabi Umberto, Easewaste ou Easetech.

Na comparação dos resultados entre os grupos que tiveram ou não experiência com um desses softwares, não foram observadas diferenças nas pontuações médias do questionário por meio de testes não paramétricos. Além disso, o único respondente com experiência substancial com um software ACV, teve avaliações diferentes dos outros participantes, sendo mais crítico na avaliação da Easetech. Para o propósito de obter uma avaliação representativa, os pesquisadores decidiram não omitir esta observação vinda do usuário experiente, devido aos possíveis insights que poderiam ser obtidos em relação ao software.

4.2. Procedimentos Metodológicos

Os procedimentos metodológicos adotados consistiram das seguintes etapas:

a. Revisão da literatura visando a fundamentação do tema e conceitos, e orientar na seleção do instrumento de coleta de dados mais adequado;
b. Teste piloto do instrumento de coleta de dados com três usuários do software para avaliar o correto entendimento das questões;
c. Distribuição do questionário e coleta dos formulários preenchidos;
d. Tratamento estatístico usando o software IBM SPSS;
e. Análise dos resultados por meio de estatística descritiva.

Todos os itens do questionário PSSUQ foram respondidos em uma escala Likert de 7 pontos, que variava de 1 (concordo totalmente) a 7 (discordo totalmente). Para avaliar a confiabilidade do PSSUQ, foi aplicado o teste “alfa de Cronbach” como medida para validar as escalas. Os resultados das categorias (descritas na próxima seção) foram os seguintes: para a categoria SYSUSE, o coeficiente foi de 0,94; para a categoria INFOQUAL, o coeficiente foi 0,91; para a categoria INTERQUAL, o coeficiente foi de 0,96. Esses

índices validam e indicam que as questões em cada categoria têm altas correlações entre si, apontando na mesma direção em relação ao objetivo de medir satisfatoriamente o próprio construto - as categorias do instrumento empregado.

5. Análise e Descrição dos Resultados

Os itens de 1 a 19 são questões relativas à escala PSSUQ. As medidas estatísticas calculadas são apresentadas na Tabela 1.

A tabulação dos escores e avaliação das questões foram feitas de acordo com o método proposto pelo criador do PSSUQ (Lewis, 1995), conforme o descrito a seguir:

1. Agrupando as perguntas em três categorias:
    a. **Utilidade do Sistema (SYSUSE)** – Relaciona-se com a facilidade de aprender e usar o software para que o usuário possa efetivamente completar as tarefas de forma rápida e produtiva (calculado tomando a média das questões 1 a 8);
    b. **Qualidade da Informação (INFOQUAL)** – Refere-se à qualidade do feedback que o software fornece ao usuário, como mensagens de erro e informações sobre como corrigir problemas (média das questões 9 a 15);
    c. **Qualidade da Interface (INTERQUAL)** – Diz respeito às facilidades oferecidas pelo sistema em relação ao uso de suas interfaces, tais como o quanto é agradável usar o software em termos de funcionalidade e capacidade esperada pelos usuários (média das questões 16 a 18).
2. **OVERALL** – Formando um conjunto consolidado com todos os 19 itens do questionário, para avaliar a "**satisfação geral do usuário com o software**" (média das questões 1 a 19).

A Tabela 2 apresenta as médias e respectivos desvios-padrão obtidos para cada categoria e o resultado geral do PSSUQ. É importante observar que esses valores foram calculados encontrando para cada respondente as respectivas médias em cada categoria, e depois encontrando para cada categoria as médias e desvios-padrão com base nos resultados encontrados entre todos os respondentes.

De acordo com o método do PSSUQ, a média geral de satisfação do usuário deve ser calculada considerando todos os 19 itens do questionário. No entanto, os autores do presente trabalho, entendem que o resultado da questão 19 não deve ser incluído neste cálculo geral com os demais itens, uma vez que o mesmo já serve para avaliar a satisfação geral do usuário com o sistema. Por isto, o seu cálculo foi feito separadamente. No entanto, vale observar que os resultados obtidos, incluindo ou não a questão 19, não diferiram muito em relação à média geral.

As análises das categorias e a análise global foram realizadas seguindo o mesmo método e tomando como base o fato de a escala de medição variar de 1 a 7, onde o menor valor, conforme já descrito antes, indica a melhor avaliação sobre o software, enquanto a maior pontuação revelar uma avaliação desfavorável pelo usuário. O resultado geral (considerando a média das 18 questões) sugeriu a necessidade de melhorar a

Itens/Questões do PSSUQ			Média	Mediana	Moda	DP	Mínimo	Máximo
OVERALL	SYSUSE	1. No geral, estou satisfeito com o quão fácil foi usar este sistema	3.2	3.0	3.0	1.1	1.0	5.0
		2. Foi simples usar este sistema	2.9	3.0	2.0	1.2	1.0	5.0
		3. Eu pude efetivamente completar as tarefas e cenários usando este sistema	3.3	3.0	3.0	1.5	1.0	6.0
		4. Eu fui capaz de completar rapidamente as tarefas e cenários usando este sistema	3.4	4.0	4.0	1.5	1.0	6.0
		5. Eu fui eficiente ao completar as tarefas e cenários usando este sistema	3.3	3.0	2.0	1.4	2.0	6.0
		6. Eu me senti confortável usando este sistema	3.6	3.0	3.0	1.8	1.0	7.0
		7. Foi fácil aprender a usar este sistema	3.3	3.0	3.0	1.7	1.0	7.0
		8. Eu creio que posso me tornar produtivo rapidamente usando este sistema	3.1	3.0	2.0	1.6	1.0	7.0
	INFOQUAL	9. O sistema exibiu mensagens de erros que me indicaram claramente como corrigir os problemas	3.8	4.0	4.0	1.7	1.0	6.0
		10. Sempre que cometia um erro ao usar o sistema, eu podia recuperar com facilidade e rapidez	3.9	4.0	5.0	1.7	1.0	6.0
		11. As informações fornecidas com este sistema, como ajuda on-line, mensagens na tela e outra documentação, eram claras	3.8	4.0	3.0	1.6	1.0	6.0
		12. Foi fácil achar a informação que eu precisava	3.7	4.0	5.0	1.4	1.0	6.0
		13. A informação fornecida pelo sistema era fácil de entender	3.7	3.0	3.0	1.5	1.0	6.0
		14. A informação fornecida foi eficaz em me ajudar a completar as tarefas e cenários	3.7	3.0	3.0	1.3	2.0	6.0
		15. A organização da informação mostrada na tela do sistema era clara	3.7	3.0	3.0	1.5	1.0	6.0
	INTERQUAL	16. A interface deste sistema era agradável	2.9	2.0	4.0	1.6	1.0	6.0
		17. Eu gostei de usar a interface deste sistema	2.9	2.0	2.0	1.6	1.0	6.0
		18. Este sistema tem todas as funções e capacidades que esperava encontrar	2.9	3.0	4.0	1.6	1.0	7.0
		19. No geral, eu estou satisfeito com este sistema	2.7	3.0	1.0	1.7	1.0	6.0

Tabela 1 – Estatística Descritiva das Questões sobre o PSSUQ

satisfação geral dos usuários quanto à facilidade de aprendizagem e uso do software e suas características gerais.

PSSUQ Subescalas / Categorias	Mínimo	Maximo	Média	Desvio Padrão (SD)
SYSUSE – Utilidade do sistema	1.4	6.0	3.3	1.2
INFOQUAL – Qualidade da informação	1.4	5.4	3.8	1.2
INTERQUAL – Qualidade da interface	1.0	6.3	2.9	1.6
OVERALL – Satisfação geral do usuário com o sistema	1.4	5.4	3.4	1.1

Tabela 2 – Estatística Descritiva das Categorias do PSSUQ

5.1. Sobre as Categorias

Como mostrado na Tabela 2, as médias das medidas individuais obtidas nas categorias variaram de 2,9 (menor média) a 3,8 (maior média), sugerindo a necessidade de melhorias no software.

Na categoria "Utilidade do sistema", a média e o desvio padrão encontrados (3.3 e 1.2 respectivamente) sugerem que os usuários do software estão parcialmente satisfeitos com a facilidade de aprendizado, uso e utilidade do sistema, para que as tarefas possam ser concluídas rápida e produtivamente.

A média obtida (3,8) obtida para "Qualidade da informação", foi a mais alta com um desvio padrão foi de 1,2. Estes resultados indicam que esta é a categoria onde os usuários entendem ser maior a necessidade de melhorias nas facilidades e recursos oferecidos pelo software para tornar seu uso mais fácil e mais agradável.

A "Qualidade da interface" apresentou a menor média das três categorias (2,9), com desvio padrão de 1,6, resultados que sugerem ser a categoria na qual os usuários estão mais satisfeitos com o software.

5.2. Sobre a satisfação geral dos usuários com o software

Assim como para as três categorias investigadas individualmente, os resultados obtidos para "satisfação geral do usuário com o sistema" (Tabela 2), com média de 3,4 e desvio padrão de 1,1, sugerem, igualmente, a necessidade de melhorar o nível de satisfação dos usuários do software.

6. Conclusão e Recomendações

Os resultados obtidos a partir do levantamento junto aos usuários finais revelaram que, em geral, a usabilidade do Easetech precisa ser melhorada. As indicações mais específicas a este respeito podem ser obtidas a partir dos resultados das três categorias, onde a maior necessidade de melhoria foi percebida em relação à "qualidade da interface" (comunicação entre o software e os usuários). O segundo aspecto indicado pelos usuários

como precisando de maior melhoria foi a "utilidade do sistema ou software", enquanto a "qualidade da informação" fornecida pelo software ficou em terceiro lugar.

Respondendo à questão de pesquisa (como os usuários finais do Easetech do GETRES/UFRJ percebem a sua usabilidade?), em geral, os resultados obtidos sugerem que os usuários que participaram do estudo não ficaram totalmente satisfeitos com as facilidades, dispositivos, de aprendizado e uso do Easetech.

As três categorias estudadas incluíram 18 dos 19 itens do questionário, a partir do que é possível inferir que, uma vez que as mesmas sejam melhoradas, certamente, haverá uma maior satisfação geral do usuário com o software.

Colocado de outra forma, pode-se concluir de acordo com o estudo experimental realizado, que os resultados da aplicação do PSSUQ revelaram: a) um baixo nível de usabilidade para a categoria "qualidade da interface" (comunicação entre o software e os usuários); b) um nível médio de usabilidade para a categoria "utilidade do software"; c) um bom nível de usabilidade para a categoria atualização que corresponde à "utilidade do software".

Os resultados apresentados neste estudo poderão ser uteis e motivadores para que os desenvolvedores do Easetech implementem melhorias no software, visando a facilitar o seu uso e aprendizagem, de modo a torná-lo mais atraente para seus usuários: estudiosos, pesquisadores e formuladores de políticas interessados em avaliar e reduzir os impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos urbanos.

Agradecimentos

O segundo autor agradece ao CNPq e o constante apoio a seus trabalhos de pesquisa.

Referências

ABNT NBR ISO 14040:2009, versão corrigida (2014). *Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura*. Acessado em 12/05/19: https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=316462.

Ammar, L,. Trabelsi, A., Mahfoudhi, A (2016). A model-driven approach for usability engineering of interactive systems. *Software Quality Journal*, V. 24, 301-335, 2016. Doi: 10.1007/s11219-014-9266-y.

Bernstad S. A. (2017). *Supervisão de doutorado no GETRES*. PEC/COPPE/UFRJ. Acessado em 30/08/19: http://www.getres.ufrj.br/index.html.

Bernstad S., A., Souza, R.G., Mahler, C.F., Valle, R.A.B (2018). Consequential lifecycle modelling of solid waste management systems — reviewing choices and exploring their consequences. *Journal of Cleaner Production*, 202, 488–496.

Chen D., Christensen T.H. (2010). Life-cycle assessment (EASEWASTE) of two municipal solid waste incineration technologies in China. *Waste Management & Research*, 28(6), 508–519.

Cilumbriello, N.P.S.; Martins, V.F., Elisio, M.A.; Kawamoto, A.L.S (2019). Avaliação Heurística e Teste de Usabilidade para Software de Design de Interiores. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação (RISTI)*, Nº. E17, 01/2019.

Clavreul, J., Baumeister, H., Christensen, T.H., Damgaard, A. (2014). An environmental assessment system for environmental technologies, *Environmental Modelling & Software*, v.60, October 2014, p.18-30, Doi: 10.1016/j.envsoft.2014.06.007.

Davids, M.R., Harvey, J., Halperin, M.L., Chikte, M.E. (2015). Determining the number of participants needed for the usability evaluation of e-learning resources: A Monte Carlo simulation. *British Journal of Educational Technology*, v. 46 (5), 1051–1055, 2015. Doi: 10.1111/bjet.12336.

Dumas, J.S., Salzman, M.C. (2006). Usability assessment methods. *Review of Human Factors and Ergonomics*, v.2, 109–140.

Easetech (2019). *Model Description*. Acessado em 15/06/19: http://www.easetech.dk/Model-Description.

Falco, M., Núñez, I., Tanzi, F., Muñoz, L.P. (2018). Abordando el nálisis de usabilidad de aniflex una Herramienta Web para Investigación Operativa. *Revista lbérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, RISTI, N.º 30, 12/2018. Doi: 10.17013/risti.30.91–106.

Hong-Liu Y., Sheng-Nan Z., Zhao-Hong X. (2011). Study on the Usability Evaluation of Prosthetic Leg Products Based on Ergonomics. J. *of the Braz. Soc. of Mech. Sci. & Eng.*, v. 33(3), 366-372.

ISO/IEC 25030 (2007). *Software engineering. Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - Quality requirements. Requirements*. Acessado em: 12/05/2019: https://www.iso.org/standard/35755.html.

ISO/IEC 25010 (2011). *Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - System and software quality models*. Acessado em 12/05/19: https://www.iso.org/standard/35733.html.

Kirkeby J.T., Birgisdotir H., Hansen T. L., Christensen, T.H., Bhander G.S., Hauschild M. (2006). Environmental assessment of solid waste systems and technologies: EASEWASTE. *Waste Management & Research*, v.24, 3-15.

Kortum P.T., Bangor A. (2013). Usability for Everyday Product Measured with the System Usability Scale. *Int. Journal of Human-Computer Interaction*, v.29, 67-76.

Kortum, P.T., Peres, S.C. (2014). The Relationship between System Effectiveness and Subjective Usability Scores Using the System Usability Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 30, 575-584.

Lewis, J. R. (1995). IBM Computer Usability Satisfaction Questionnaires: Psychometric evaluation and instructions for use. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 7, 57–78.

Lewis, J. R. (2011). UB – ASQ and PSSUQ. Part 1. After Scenario Questionnaire (ASQ) / Part 2. Post Study System Usability Questionnaire (PSSUQ). *eHealth Observatory*, 3(0), Feb. 15.

Mahler, C.F.; Moura, L.L. (2017). Resíduos de Serviços de Saúde (RSS): Uma abordagem qualitativa. *Revista lbérica de Sistemas e Tecnologias de Informação,* RISTI Nº. 23, 09/2017.

Mahler, C.F., Oliveira, S.B.: Taquette, S.R. (2016). Respiratory Diseases of Children Living Near a Dumpsite. *Bioscience J*., v. 32, n. 5, p. 1403-1411, Sept./Oct. 2016. Doi: 10.14393/BJ-v32n1a2016-33067.

Nielsen, J., Landauer, T.K. (1993). A Mathematical Model of the Finding of Usability Problems. *Interchi´93*, 24-29, April. Acessado em 29/08/19: http://peres.rihmlab.org/Classes/PSYC6419seminar/p206-Five%20Users%20nielsen.pdf.

Nielsen, J. (2009). *Discount usability*: 20 years. Acessado em 28/08/18: http://www.useit.com/ alertbox/discount-usability.html

Nielsen, J. *How many test users in a usability study? (2012)*. Acessado em 28/08/17: http://www.useit.com/alertbox/number-of-test-users.html.

Oliveira, S.B, Mahler, C.F. (2018). *Avaliação do Ciclo de Vida de Produtos:* uma introdução. Rio de Janeiro: Ciência Moderna.

Paterson B, Winschiers-Theophilos H, Dunne T.T, Schinzel B, & Underhill L.G. (2011). Interpretation of a cross-cultural evaluation: a case study based on hypermedia system for species management in Namibia. *Interacting with Computers*, 23, 239-246.

Patsoule E., Koutsabasis P. (2014). Redesigning websites for older adults: a case study. *Behaviour & Information Technology*, 33(6), 561–573. Acessado em 27/09/17: http://dx.doi.org/10.1080/0144929X.2013.810777.

Raza, A., Capretz, L.F., Ahmed, F. (2012). An open source usability maturity model (OS-UMM). *Comp. in Human Behavior*, 28, 1109-1121.

Willers C.D., Rodrigues L.B. (2014). A critical evaluation of Brazilian life cycle assessment studies. Int. *J Life Cycle Assess*, 19, 44–152.

Zhao, Y., Lu, W., Damgard, A., Zhang, Y., Wang, H. (2015). Assessment of co-composting of sludge and wood chips in the perspective of environmental impacts (EASETECH). *Waste Management*, 42, 55–60. Doi: 10.1016/j.wasman.2015.04.021.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 07/09/2019
Aceitação/Acceptance: 06/11/2019

Marketing digital, elementos de la cadena de valor generadores de competitividad del sector publicitario en Barranquilla, (Colombia)

Pabla Peralta Miranda[1], Eduardo Salazar-Araujo[2], Zally Vanesa Álvarez Mendoza[3], Jannerys Ortiz Cardona[4]

pperalta@unisimonbolivar.edu.co, ezalazar4@unisimonbolivar.edu.co, ingzallyalvarez@gmail.com, jannerys@dioestudio.com

[1] Universidad Simon Bolívar, Facultad de Administración y Negocios, 080001, Barranquilla, Colombia.

[2] Universidad Simon Bolívar, Facultad de Administración y Negocios, 080001, Barranquilla, Colombia.

[3] Indoamerica, 080001, Barranquilla, Colombia.

[4] Clínica la misericordia Internacional, 080001, Barranquilla, Colombia.

Pages: 201–212

Resumen: La organización en la actualidad están obligadas a generar mayores beneficios a sus consumidores para lograr mayor posicionamiento en el mercado, eso depende del manejo de factores de competitividad internos y externos que predominan en las organizaciones medianas en el sector de la publicidad digital en Barranquilla. El objetivo de esta investigación fue describir el marketing digital del sector publicitario. La investigación es descriptiva con diseño no experimental y transversal. La muestra estuvo conformada por 15 empresas, cumpliendo los criterios: Empresa mediana, con departamento de Marketing digital, domiciliada en Barranquilla. Los resultados fueron descripción el marketing digital del sector publicitario, de acuerdo a los factores internos y externos en estas empresas presentan donde existe una consistencia moderada en la dinámica de respuesta de la empresa ante factores externos y viceversa. Se concluyó que las empresas de este sector requieren de estrategias que promuevan el desarrollo de los indicadores internos de competitividad que respondan a los factores cambiantes externo.

Palabras-clave: Marketing digital; Publicidad; Pymes; Competitividad.

Digital marketing, elements of the public sector competition value chain in Barranquilla, (Colombia)

Abstract: The organization is currently forced to generate greater benefits to its consumers to achieve greater market positioning, that depends on the management of internal and external competitiveness factors that predominates in medium-sized organizations in the digital advertising sector in Barranquilla. The objective of this research was to describe the digital marketing of the advertising sector. The research is descriptive with non-experimental and transversal design. The sample was

composed by 15 companies, fulfilling the criteria: Medium company, with department of Digital Marketing, placed in Barranquilla. The results were a description digital marketing of the advertising sector, according of the internal and external factors in these companies present where there is a moderate consistency in the dynamics of the company's response to external factors and vice versa. It was concluded that companies in this sector have difficulties in strategies that promote the development of internal competitiveness indicators that respond to changing external factors.

***Keywords**:* Digital Marketing; Advertising, SMEs; Competitiveness.

1. Introducción

La dinámica organizacional hace que la industria de la comunicación gráfica en Colombia, se esté transformando con mucha fuerza debido a que este sector ha sido uno de los que mejor se ha venido adaptando a las exigencias del mercado y a los cambios del mundo de la globalización, es por ello que se está convirtiendo en uno de los sectores económicos emergentes del país. En este sentido uno de los mayores retos que ha venido desarrollándose en esta industria es la cadena productiva, la cual ha ido cambiando para adecuarse a un nuevo entorno, su producción pasó de realizar impresos a la digitalización y automatización de sus procesos que cada vez más han tomado mucho auge en el mercado, es por esta razón que esta industria ha focalizado sus esfuerzo para convertirse en los principales referente de la comunicación digital en las organizaciones y de esta manera generar estrategia digitales para el posicionamiento en el mercado global, lo que hoy se constituye como el marketing digital el cual tiene interrelación entre sociedad – educación, las nuevas herramientas tecnológicas están aportando un alto rendimiento que le brinda una mayor competitividad a las empresas y le permite extender estos beneficios a los clientes. Este aceleramiento de la productividad logra un mayor grado de calidad en el producto, con procesos estandarizados siendo más competitivos, optimizando el desarrollo de toda la cadena productiva.

Sin embargo este sector se está viendo muy afectado debido a las pocas barreras de entrada al mercado, muchas empresas pequeñas participan y gran parte de estas pequeñas empresas (formales e informales) destruyen el valor de la industria al competir por precio, ofertando sus productos muy por debajo del valor del mercado, debido a desconocimiento del costeo, generando grandes pérdidas en la industria, fallas en las entregas y baja confiabilidad por parte del usuario final, este sector se caracteriza porque los clientes exigen servicios personalizados, esto demanda mayor tiempo y dedicación, que si se trabajara con servicios estandarizados o plantillas.

Lo que conlleva a una miopía gerencial, donde las decisiones están basadas sobre la urgencia del día a día y no en la importancia de una cultura organizacional, afectando al sector por no contar con procesos estandarizados que les permita enfocar su operatividad diaria, para sacar un mayor provecho de sus fortalezas e involucrar a sus empleados quienes deben aportar a la empresa para ser más competitiva en el diseño digital y en la proyección de su futuro, cabe formular la siguiente pregunta:

¿Cuál es la relación que tienen los factores internos y externos en la competitividad empresarial en las medianas organizaciones de publicidad digital en la ciudad de Barranquilla?

2. Estado del Arte.

Expone, Porter (2015), sostiene que la ventaja competitiva es un conjunto de acciones estratégicas en el cual se debe ser más eficiente que sus competidores, por lo tanto este debe contener alguna característica que lo haga diferente tal como puede ser liderazgo en costos, producto diferente y servicio especializado, donde el consumidor final esté dispuesto a pagar generando de esta manera mayor rentabilidad a las empresas.

Asimismo, Simanca (2015), define la ventaja competitiva como los atributos y características que son propios de cada producto en cualquiera proceso de la cadena productiva de las empresas y logran diferenciarse de sus competidores por lo que le genera un mayor número de clientes y a su vez mayor rentabilidad. Considerando los planteamientos de Porter (1990), quien establece que la competitividad se divide en dos ambientes el Microeconómico (que son las empresas) y el Macroeconómico (que es el entorno y todo lo que afecta la economía de una empresa). Según este autor, la competitividad "se crea y se mantiene mediante un proceso altamente localizado. Las diferencias a escala nacional en estructuras económicas, valores, culturas, instituciones e historias contribuyen profundamente al éxito competitivo". Posteriormente Hernández (2000), argumenta que desde el ambiente microeconómico se puede considerar que la competitividad es la capacidad de las empresas de vender más productos y/o servicios y de mantener o aumentar su participación en el mercado, sin necesidad de sacrificar utilidades, para que realmente sea competitiva una empresa para el ambiente macroeconómico está forjado por la globalización de la competencia que cada vez tiene mayor número de mercados, esto debido a la proliferación de competidores que cada vez se vuelven más exigentes hacia los resultado de procesos que sean exitosos.

Los autores coinciden que la competitividad se divide en dos ambientes el microeconómico y macroeconómico y que para ser más competitivas no debe afectarse la rentabilidad de la empresa y fortalecer la capacidad competitiva mediante un proceso localizado, esto con el fin de asegurar la sostenibilidad de las empresas a través del tiempo en la que siempre esté mejor posicionado que sus competidores, Es importante resaltar el planteamiento de Porter, en cuanto a que la competitividad debe mantenerse y fortalecer su posición para que pueda existir dicha capacidad de posicionamiento en el mercado por lo tanto se deben realizar estrategias que las vuelvan más competitivas.

Muy de la mano Lloret (2011), señala que la Competitividad está relacionada con una serie de acciones estratégicas que realiza una organización la cual le permite generar unos beneficios mayores que los que ofrece la competencia y además le permite tener grandes resultados financieros a través del tiempo. Al respecto Serna (2014,) define la competitividad como estrategias competitivas las cuales "consisten en los cursos de acción que puede seguir la empresa ante una situación coyunturales y puede referirse a la corporación como un todo o a una unidad estratégica de negocios en particular". De acuerdo a lo anterior el producto final de ser competitivo deberá generar en las organizaciones ventajas competitivas, consecuente a lo anterior Sallenave (2002), manifiesta la ventaja competitiva es dada por la libertad de acción que pueda tener para generar sus estrategias con el fin de asegurar que la competitividad de las empresas logren la supervivencia frente a la competencia permitiéndole tener rentabilidad y un crecimiento mayor y duradero en el tiempo con respecto a sus competidores.

Los autores señalan que la competitividad está relacionada a las acciones estratégicas que realizan las organizaciones para generar mayores beneficios que la competencia y esto les permite obtener grandes logros financieros sostenibles. Partiendo de lo anteriormente expresado, las organizaciones se desarrollan en un entorno cambiante, donde se debe tomar decisiones y dar respuesta al instante, visionando la ventaja competitiva a largo plazo, lo que traerá como consecuencia un excelente rendimiento empresarial producto de la sinergia entre las buenas estrategias, la optimización de los procesos, personas y tecnologías, totalmente abiertos a diversos cambios estratégicos que debido a la multiplicidad de situaciones se deben aplicar.

La dinámica competitiva se sustenta en los ambientes micro económico que hacen relación a los factores internos con que cuentan las empresas y el ambiente Macroeconómicos relacionado con el entorno que les rodea y que de alguna manera directa o indirecta afecta la dinámica empresarial. De acuerdo a lo expuesto por el autor a continuación se describirán los factores internos y externos que inciden en la competitividad de las empresas.

Asimismo los factores internos que presentan las empresas en su dinámica competitiva se pueden mencionar la tecnología, la creatividad, la innovación, la calidad, productividad, talento humano, Tales factores se detallarán a continuación.

De acuerdo a Porter (2015) la ventaja competitiva está dada por el valor agregado en el que intervienen no solo en las actividades primarias ya que también se encuentra inmersa en las de apoyo, los constantes cambios tecnológicos pueden impulsar o deteriorar la ventaja competitiva. De acuerdo la capacidad que tenga las empresas de adaptarse a los cambios. Señala que el uso de las TIC cada vez más de ayuda a las organizaciones para Peralta, Rico, Mena, y Mendoza (2017), mejorar su desempeño y aprovechar mejor los recursos para lograr los objetivos propuestos, contar con unos buenos procesos administrativos automatizados permite ser más competitivo y elevar los indicadores de la cadena de valor, esto a su vez le genera mayor beneficio dando un mejor servicio al cliente incrementando así las ventas.

Según De Bono (1988) sostiene que el mayor recurso que puede tener el hombre es el pensamiento sin embargo esta no es aprovechada y no se tiene satisfacción sobre la capacidad mental que puede tener el ser humano de siempre se busca ser el mejor, no importando que tan bueno sean. Y teniendo en cuenta a Esquivias (2004) define el proceso creativo cognitivo como lo más sofisticado que pueda tener el ser humano el cual se encuentra relacionado con muchas experiencias evolutivas, educativas y sociales, su manifestación no tiene límites y su evolución es constante cada vez más desde el concepto hasta la aportación definitiva de la creatividad por lo que el pensador sin límites es capaz de realizar lo imaginable por lo tanto la mente en los procesos cognitivos están relacionadas con la personalidad, la motivación las emociones del ser humano.

Por otro lado el informe de ciencia tecnología e innovación en América Latina y el Caribe (2010), sostiene que la inversión de I+D+I afecta positivamente ya que le permite originar el crecimiento a largo plazo de la productividad y con ella se fortalece la rentabilidad del capital físico y el talento humano lo que le permite a su vez crear incentivos para invertir en recursos productivos. Según el Manual de Oslo (2006), La innovación hace parte de una estrategia de las empresas para invertir en la creación de nuevos desarrollos

de productos / Servicios para mejorar la eficiencia. La generación de cambios en sus procesos mejora la eficacia, la calidad y los resultados, es por ello que las organizaciones generan una ventaja disminuyendo los costos y de esta manera garantizan el aumento de la demanda abriendo nuevos mercados con productos diferenciadores y fortaleciendo los ya existentes.

La principal aportación es que se reconoce la importancia de los deseos de los consumidores a la hora de determinar los parámetros que determinan la calidad de un producto o servicio. Para Taguchi (2009) la calidad es algo que está siendo diseñado dentro del producto para hacer que este sea fuerte e inmune a los factores incontrolables ambientales en la fase de fabricación, dando por resultado, que la calidad consiste en la reducción de la variación en un producto.

Al respecto Prieto (2013). El buen desarrollo de las funciones del departamento de Recursos Humanos es crucial. Entre sus actividades destacamos: una adecuada selección, número de empleados necesarios, comunicación, motivación, retribución, incentivos y, sobre todo, formación, ya que sin ella difícilmente podemos dar un servicio de calidad. Prieto, (2013). Gestión del talento humano como estrategia para retención del personal, que enfocan la capacitación, el entrenamiento se destaca, estos aspectos en la gestión en organizaciones aprenden a través de individuos que aprenden Pardo (2007). Para Bohlander y Snell (2009) es claro que el talento humano es un intangible de la competitividad y este no puede administrarse de la misma manera en la que se administra los puestos, productos y tecnología. Pero la gestión humana es el motor que potencializa la consecución de objetivos propuestos por la organización. La calidad a su vez debe ser vista como un proceso dinámico. Decir que la calidad es estática equivale a admitir que los gustos y necesidades de las personas son siempre los mismos y que las empresas no realizan cambios.

En cuanto a productividad, Porter (1990). La productividad, establece el nivel de vida de un país y los ingresos de su población, de los recursos humanos se establecen los honorarios, y por ende esta proviene del capital de los cuales se determina los beneficios para los propietarios. Así mismo la agenda de productividad y competitividad del atlántico 2017 define la Relación entre lo que se produce y los recursos humanos, naturales y de capital empleados para producirlo en mayor productividad en el uso de los recursos de un país es determinante para aumentar el ingreso nacional per cápita por lo tanto en la medida teniendo en cuenta lo anterior como un todo conlleva a una hacer más competitivo.

De esta forma, Levitan (1984). Menciona que la productividad es la que la refiere como una relación entre recursos utilizados y productos obtenidos y denota la eficiencia con la cual los recursos -humanos, capital, conocimientos, energía, etc.- son usados para producir bienes y servicios en el mercado. Para Adam Smith (1790), en su primer libro "La riqueza de las Naciones", en el primer capítulo La División del Trabajo señala que la productividad es la capacidad de producir bienes con los recursos dados, sería mejor con la especialización del trabajo en la medida que una persona realice una y otra vez su actividad se volverá más experto en la ejecución de su labor y ahorrará tiempo.

Un factor determinante es Talento Humano: tal como lo afirma Chiavenato (2002) que la gestión del talento humano es un área muy sensible a la mentalidad que predomina en las organizaciones. Es contingente y situacional, depende de aspectos como la cultura organizacional adoptada por cada organización, el carácter del contexto ambiental, el

negocio de la organización y la tecnología utilizada, los procesos internos y muchas variables muy importantes.

También se considera Factores Externos de competitividad, El modelo de las cinco fuerzas de Porter, es esencialmente un gran concepto para los negocios por medio del cual se pueden maximizar los recursos y superar a la competencia, cualquiera que sea el giro de la empresa. Dado que las empresas se desarrollan en un entorno competitivo diferenciarse de las demás es lo más importante, es vital que las empresas deben reafirmar continuamente sus diferencias para crear continuamente su ventaja competitiva, en toda empresa es muy importante conocer el entorno en que se mueven la competencia y el comportamiento del mercado para saber sus fortalezas y debilidades y poder generar las estrategias que las hagan más competitivas. Porter se refería a estas cinco fuerzas como del micro entorno, para contrastarlas con fuerzas que afectan el entorno en una escala mayor a la industria, y el macro entorno. Estas cinco fuerzas son las que operan en el entorno inmediato de una organización, y afectan en las habilidades para satisfacer a sus clientes, y obtener rentabilidad.

Según Porter (2008), lo que hace que el desarrollo de una estrategia competente no solamente sea un mecanismo de supervivencia sino que además también otorga acceso a un puesto importante dentro de una empresa acercándola a sus objetivos. Igualmente dentro de los factores externos propuestos por Porter (2005) la amenaza de nuevos productos sustitutos, el sector de la publicidad digital es vulnerable al desarrollo potencial de productos sustitutos que pueden limitar la rentabilidad del sector, esto se debe a que los avances tecnológicos del siglo XXI que han dado paso a la publicidad digital, abre las puertas a nuevas oportunidades para compartir información de manera interactiva y especializada en medios digitales a fin de llegar de manera mas eficiente a los clientes. En este sector la amenaza de nuevas tecnologías que puedan conectar directamente la relación al proveedor - cliente y no necesiten de la agencia para realizar ellos mismos su propia estrategia.

Por ello es importante comprender cuales son los elementos fundamentales de la cadena de valor del sector de la publicidad digital, entendido este concepto “desde el punto de vista de la competencia, el valor es lo que la gente está dispuesta a pagar por lo que se ofrece” (Porter, 2015). Es importante que al momento de pretender posicionarse en el mercado se evalúe que el valor por el cual se esté ofertando, supere los costos y que además el consumidor final esté dispuesto a pagar por el producto o servicio, el valor se mide por el total ingreso, precio del productos y cantidad en ventas, de esta manera se puede saber que tanta exigencia tiene el consumidor al momento de realizar su compra y que tan dispuesto está para invertir a través de la diferenciación, se puede decir que las empresas son rentables si logran ser auto sostenibles en el tiempo.

3. Metodologia

3.1. Diseño

El diseño de investigación es no experimental, de carácter transversal, según Hernández, Fernández y Baptista (2014), es la recolección de información en un momento, el enfoque investigativo Cuantitativo, utiliza recolección de datos con análisis estadístico, utiliza la recolección y el análisis afinando la pregunta de investigación (Hernández, et

al 2014) e igualmente estos autores afirman "El alcance de un estudio descriptivo busca especificar propiedades y característica importantes de cualquier fenómeno (p. 92). Esta investigación se realizó en tres fases, se inicia con un la identificación de los factores internos de competitividad que desarrollan estas organizaciones, consecutivamente se determinan los factores externos de competitividad de las empresas de marketing Digital y por último se hace una relación de factores internos y externos de manera que se detecte sus aportes a la competitividad de las organizaciones en el mercado.

El tipo de estudio es descriptivo- correlacional, descriptivo debido a que se detalló la frecuencia en que se presentaba el fenómeno estudiado en este caso los factores competitivos en las medianas empresas de publicidad que cuentan con el área de marketing digital. La población objeto de estudio fueron las medianas empresas de publicidad digital en la ciudad de Barranquilla, las cuales cumplieron con criterios de selección de los elementos de la muestra entre estos: que las organizaciones a participar tuvieran un departamento de marketing digital y deberían estar registradas en las súper sociedades de industria y comercio, La población estuvo conformada por 15 empresas a las cuales se les censó debido al tamaño poblacional menor a 50 siendo las unidades de información los directivos del departamento de marketing Digital.

3.2. Procedimiento metodológico.

Trabajo de campo se buscó la información en la cámara de comercio sobre las empresas de publicidad digital luego se realizó un filtro tanto en la web como telefónica para seleccionar las empresas que tuvieran el área de marketing digital

Además las que reportan informes financieros en la superintendencia de sociedades. Luego se inició la visita una a una a las empresas para aplicar el instrumento en la cual los encuestados fueron los directivos de esa área, después de recoger la información se realizó la tabulación de las mismas y se ingresaron y procesaron los datos a través del paquete estadístico SPSS. 22.

Para la recolección de la información se aplicó un instrumento tipo encuesta tomándose como referente los factores de la competitividad de las medianas organizaciones de publicidad digital de la ciudad de Barranquilla. Con los resultados se procedió a realizar el test de fiabilidad y consistencia interna del instrumento, obteniéndose un Alfa de Cronbach's de 0,85 puntaje que demuestra una buena consistencia interna y fiabilidad del instrumento aplicado y de los datos. Se identificó el comportamiento de los factores internos en la competitividad de las medianas empresas de publicidad digital en la ciudad de Barranquilla.

4. Resultados y Discusión

Al describir el marketing digital del sector publicitario generadora de competitividad en Barranquilla a través de un análisis estadístico se debe considerar el nivel de las diferentes variables involucradas en el proceso de investigación, tomando en consideración elementos exógenos y endógenos que guardan una relación directa con el objeto de estudio. Los resultados de esta investigación se presentan a continuación.

El comportamiento de los factores internos en la competitividad de las medianas empresas de publicidad digital en la ciudad de Barranquilla arrojo los resultados que

se presentan en la tabla 1, frecuencia agrupada de los indicadores del factor interno (Tecnología, Creatividad, Innovación, Talento Humano y Calidad).

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Total desacuerdo	**3**	**20,0**	**20,0**	**20,0**
	Desacuerdo	**1**	**6,7**	**6,7**	**26,7**
	Normal	**6**	**40,0**	**40,0**	**66,7**
	De acuerdo	**1**	**6,7**	**6,7**	**73,3**
	Totalmente de acuerdo	**4**	**26,7**	**26,7**	**100,0**
	Total	**15**	**100,0**	**100,0**	

Tabla 1 – Factores Internos Agrupados

Figura 1 – V1D1. Factores Internos (agrupado). Elaboración propia (2019)

La dimensión factor interno constituida por los indicadores Tecnología, creatividad, innovación, talento humano y calidad muestran un comportamiento de frecuencia entre lo normal (40%) con tendencia a de acuerdo y totalmente de acuerdo (33%). Lo que indica que las empresas de marketing digital presentan desde sus factores internos un equilibrio que las mantiene en el mercado.

Por otra parte los factores externos de la competitividad que con mayor frecuencia se presentan en las medianas empresas de publicidad digital en Barranquilla, para determinar la consistencia de sus prácticas con las de su entorno. Entre los indicadores a valorar entre estos factores se encuentran: Amenaza de nuevos competidores, Proveedores, Productos sustitutos, clientes y rivalidad entre competidores. Inicialmente se presenta una tabla de frecuencia en la que se valora el factor externo en forma general para consecutivamente presentar la frecuencia en cada indicador.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Total desacuerdo	**3**	**20,0**	**20,0**	**20,0**
	Desacuerdo	**4**	**26,7**	**26,7**	**46,7**
	Normal	**3**	**20,0**	**20,0**	**66,7**
	De acuerdo	**4**	**26y,7**	**26,7**	**93,3**
	Totalmente de acuerdo	**1**	**6,7**	**6,7**	**100,0**
	Total	**15**	**100,0**	**100,0**	

Tabla 2 – V1D2. Factores Externos (agrupado)

Figura 2 – V1D1. Factores Externos (agrupado). Elaboración propia (2019)

En lo que respecta a los factores externos se pudo observar que el comportamiento de los datos se concentró en una tendencia negativa y normal en la que un 47% de los encuestados muestran respuestas de total desacuerdo y desacuerdo y 20% respondieron como normal. Solo un 33% muestran una fortaleza en los factores externos con respuestas de acuerdo y totalmente de acuerdo. Esto indica que el comportamiento de un grupo significativo de las empresas de marketing digital presenta dificultades con los indicadores externos propiciados por el sector a diferencia de los factores internos los cuales obtuvieron mejores puntajes.

Como se puede observar en las tablas anteriores se presenta una alta correlación entre los Indicadores internos y externos con la variable factores de competitividad, evidenciándose mayor relación con los factores internos con una valoración de 0,93 y el externo con un 0,83. Ratificándose con esto el resultado obtenido en el análisis de frecuencia explicado en párrafos anteriores. Al igual se presenta un alto nivel de significancia de los resultados, debido a que su valor fue inferior a 0,05. En los dos casos tanto interno como externo.

En busca de corroborar lo expuesto por el resultado anterior los autores nos tomamos el trabajo de relacionar las correlaciones independientes por cada uno de los indicadores internos y externos. En la primera parte se presentan la relación de los Indicadores internos con la competitividad de la empresa.

Correlaciones				
			V1. FACTOR COMPETITIVI DAD (agrupado)	**D1V1. TECNOLOGIA (agrupado)**
V1. COMPETITIVIDAD (agrupado)	Correlación de Pearson		1	,752**
	Sig. (bilateral)			,001
	N		15	15
D1V1. TECNOLOGIA (agrupado)	Correlación de Pearson		,752**	1
	Sig. (bilateral)		,001	
	N		15	15
**. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).				

Tabla 3 – Correlación Competitividad y tecnología

Figura 3 – Correlación Competitividad y tecnología Elaboración propia (2019)

Al valorar la relación de la tecnología con la competitividad se pudo observar que esta mantiene una correlación positiva alta. Indicando a mayor tecnología mayor competitividad en estas organizaciones.

La creatividad al igual que el anterior indicador presenta una correlación positiva alta. Indicando que a mayor creatividad mayor competitividad.

Correlaciones				
			V1. COMPETITIVIDAD (agrupado)	**D1V2. CREATIVIDAD (agrupado)**
V1. COMPETITIVIDAD (agrupado)	Correlación de Pearson		1	,792**
	Sig. (bilateral)			,000
	N		15	15
D1V2. CREATIVIDAD (agrupado)	Correlación de Pearson		,792**	1
	Sig. (bilateral)		,000	
	N		15	15
**. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).				

Tabla 4 – Competitividad – Creatividad

Figura 4 – Competitividad – Creatividad Elaboración propia (2019)

	Correlaciones			
			V1. COMPETITIVIDAD (agrupado)	**D1V3 INNOVACION (agrupado)**
V1. COMPETITIVIDAD (agrupado)	Correlación de Pearson		1	,788**
	Sig. (bilateral)			,000
	N		15	15
D1V3 INNOVACION (agrupado)	Correlación de Pearson		,788**	1
	Sig. (bilateral)		‚000	
	N		15	15
**. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).				

Tabla 5 – Correlación Competitividad - Innovación

Figura 5 – Correlación Competitividad – Innovación. Elaboración propia (2019)

La innovación es otro de los indicadores con una correlación positiva alta mostrándose una relación que a mayor innovación mayor competitividad.

5. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos se pudo observar que las empresas de marketing digital en general compiten mediante la innovación, la creatividad y la tecnología, viéndose disminuido los factores de talento humano y calidad. Es evidente que el nuevo

sistema económico se fundamente en la competitividad organizacional, innovación y la tecnología pero hay un aspecto que permanece en la dinámica y es el proceso de cambio el cual no solo requiere de la tecnología y la innovación sino de una capacidad intangible que esté preparada y se adapte a los cambios de ahí que Bohlander y Snell (2009) exprese que el talento humano es un intangible de la competitividad y este no puede administrarse de la misma manera en la que se administra los puestos, productos y tecnología.

La creatividad al igual que el anterior indicador presenta una correlación positiva alta. Indicando que a mayor creatividad mayor competitividad. En esta investigación se identificó que el comportamiento de los factores internos y externos con mayor frecuencia en la competitividad del departamento de marketing digital tales como la tecnología, la innovación, creatividad, calidad productividad y talento humano, son los más relevantes para estas organizaciones ya que son una herramienta fundamental.

Cabe destacar que los factores internos que favorecen a la competitividad de acuerdo al estudio realizado es invertir herramientas tecnológicas para estar a la vanguardia con la más alta tecnología les permite lograr mejores resultados y agilizar los procesos y tener una ventaja competitiva frente a sus competidores, además la innovación va de la mano con la estrategia para lograr los objetivos, igualmente la creatividad es fundamental siempre y cuando se tenga al personal idóneo y con una gran experiencia y trayectoria pasando por los grandes cambios que han ido evolucionando en este sector de publicidad digital.

Así mismo los factores externos en la competitividad del departamento de marketing digital son la amenaza de nuevos competidores, Proveedores, Productos sustitutos, clientes y rivalidad entre competidores, en este sentido los de mayor frecuencia es la amenazas de nuevos competidores, lo cual no representan amenaza para las organizaciones que cuentan con reconocimiento y tienen su nicho de mercado identificado, esto afectará a las empresas que no tienen identificado su segmento de mercado y a los emprendedores que comienzan con una pequeña empresa y creen poder brindar los mismos servicios.

Referencias

Bohlander & Snell (2009). Administración de Recursos Humanos

De Bono, E. (1988). “Seis Sombreros Para Pensar”. Ediciones Juan Granica S.A.

Esquivas, M. (2004) “Creatividad: Definiciones, Antecedentes Y Aportaciones ” Revista Digital Universitaria. Vol. 5. No. 1, pp. 2-17.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación, 5ª. Ed. México: Mc Graw Hill

Hurtado, J. (2010). Metodología de la Investigación. Guía para la comprensión holística de la ciencia, 4, 411-834.Lloret A, (2011) “Itam, Escuela De Negocios, Dirección Estratégica”

Limas Suárez, S. J., Vargas Soracá, G., & Salazar Araujo, E. J. (2019). La comunicación corporativa y su influencia a través de la publicidad digital. Un estudio en productos de la línea cosmética y cuidado corporal en el departamento de Boyacá (Colombia).

Malaver, F (2002), Las transformaciones empresariales en la industria de artes gráficas. Disponible en: http://www.umariana.edu.co/ojs- editorial/index.php/unimar/article/viewFile/86/72

Pardo, C. (s.f). Gestión del talento humano basado en competencias cualificando el capital humano para lograr el éxito empresarial. Tesis de grado de Maestría. Universidad de La Salle. Bogotá D.C

Porter, M. E., & Porter, M. E. (1987). Ventaja Competitiva: creación y sostenimiento de un desempeño superior.

Peralta, P., Rico, H., Mena. R.., Rico, D., & Mendoza, J.. (2017). Modelo por competencias para mejorar la competitividad Académica en el programa de Administración de Empresas. Barranquilla: Ediciones Universidad Simón Bolívar

Porter, M. (2015). "Ventaja competitiva: creación y sostenimiento de un desempeño superior". Grupo Editorial Patria.

Porter, M. E. (2005). Estrategia y ventaja competitiva. Deusto.

Porter, M (2008). "Las Cinco Fuerzas Competitivas Que Le Dan Valor A La Estrategia". harvard business. review. américa latina

Salazar, E. (2014) "Impacto de los TLC en la economía colombiana" Revista Desarrollo Gerencial. Vol. 6-1. No. 2, pp. 48-88.

Salazar, E. Alvarez, Z Ortiz, J. & Peralta, P. (2019) "Factores determinantes de la competitividad en las medianas empresas de marketing digital en la ciudad de Barranquilla". Universidad Simon Bolivar. Disponible en: https://bonga.unisimon.edu.co/handle/20.500.12442/4370

Sallenave, J. (2002). "Gerencia Integral: no le tema la competencia, témale a la incompetencia". Editorial Normal

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 01/10/2019
Aceitação/Acceptance: 30/12/2019

Inteligencia artificial al servicio de la auditoría: Una revisión sistemática de literatura

Angélica Yohana Montoya Hernandez[1], Francisco Javier Valencia Duque[2].

aymontoyah@unal.edu.co, fjvalenciad@unal.edu.co.

[1] Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales – Departamento de Informática y Computación -Campus la Nubia, km 7 via al Magdalena, Manizales, Colombia.

[2] Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales – Departamento de Informática y Computación -Campus la Nubia, Carrera 18 #48A - 52, Manizales, Colombia.

Pages: 213–226

Resumen: Aplicar técnicas de inteligencia artificial en el campo de la auditoría promete ser una estrategia efectiva al momento de mejorar la eficiencia y productividad en estos procesos y por ende en la organización. El desarrollo de este tipo de actividades se ha registrado desde hace algunas décadas, no obstante, la ultima recopilación de literatura realizada alrededor del tema data del año 2012. Teniendo en cuenta lo anterior, se presenta una revisión del estado actual del uso de la inteligencia artificial en el campo de la auditoría, a partir de la revisión de lo publicado en las bases de datos SCOPUS, WoS e IEEE, mediante la aplicación de una revisión sistemática de literatura de tipo descriptiva e integradora. Al finalizar el proceso se proporciona al lector un esquema general de las técnicas de inteligencia artificial aplicadas en el campo de auditoría, sus beneficios, riesgos, retos a futuro y demás elementos de interés.

Palabras clave: Inteligencia artificial; auditoría; revisión sistemática.

Artificial intelligence at the service of the audit: A systematic literature review

Abstract: Applying artificial intelligence techniques in the field of auditing promises to be an effective strategy when improving efficiency and productivity in these processes and therefore in the organization. The development of this type of activities has been recorded for some decades, however, the last compilation of literature made around the subject dates from 2012. Considering the above, a review of the current state of the use of intelligence is presented artificial in the field of auditing, based on the review of what is published in the SCOPUS, WoS and IEEE databases, through the application of a systematic review of descriptive and integrative literature. At the end of the process, the reader is provided with a general scheme of the artificial intelligence techniques applied in the audit field, its benefits, risks, future challenges and other elements of interest.

Keywords*:* Artificial intelligence; audit; systematic review.

1. Introducción

Con el constante cambio y evolución de la tecnología, los temas de inteligencia artificial no son considerados como elementos de un futuro lejano; por el contrario, cada vez se toma más conciencia de que la tecnología es un factor cambiante que se involucra en la mayoría de los procesos de la industria y del sector económico. Pricewaterhousecoopers (2018a) sostiene que la Inteligencia Artificial (IA) será el elemento transformador en las organizaciones, aportando mejoras sustanciales en la toma de decisiones.

Particularmente en el área de auditoría existen diversas investigaciones alrededor del uso de la inteligencia artificial en procesos de auditoria, abordados desde una perspectiva teórica y práctica y en diferentes sectores, tal como lo establece The Institute of Internal Auditors (2017a) quien sostiene que la inteligencia artificial se aplica de manera generalizada en sectores públicos, privados, industriales, gubernamentales y sin fines de lucro, considerando que esta área de investigación habilita una serie de elementos y capacidades nuevas que hace algunos años no eran posibles.

La incorporación de la inteligencia artificial en auditoria permite obtener múltiples beneficios entre los que se encuentran el incremento en la eficiencia de los procesos, la disminución de costos a largo plazo y el decremento de la posibilidad de errores mediante la automatización, además de contar con sistemas capaces de realizar procesos de inferencia, de retroalimentarse y construir conocimiento a partir de las actividades realizadas previamente. Es precisamente esto, lo que la convierte en un área de especial interés en la actualidad.

Este articulo expone el estado actual de la inteligencia artificial al servicio de la auditoría, para lo cual se parte de una conceptualización básica, las técnicas y herramientas que se han estudiado hasta el momento y previa presentación de la metodología de revisión sistemática de literatura utilizada, exponer los resultados encontrados alrededor de sus riesgos, beneficios y roles que juegan los auditores en su implementación.

2. Conceptos básicos de Inteligencia artificial

La inteligencia artificial tiene su origen en el año 1950 cuando Alan Turing publicó su artículo titulado “Computing Machinery and Intelligence”, en el cual hace referencia a la posibilidad de que una máquina logre imitar el comportamiento de la mente de las personas, para ello se propone el test de Turing; una prueba orientada a definir si una máquina es o no inteligente (Villena, Crespo, & Garcia, 2012a). En 1984 se realizó la primera publicación de inteligencia artificial aplicada, a partir de esta fecha la participación se tornó cada vez más activa.

Son diversas las técnicas utilizadas en inteligencia artificial, entre las que se destacan los sistemas expertos, las redes neuronales, la lógica difusa, los sistemas basados en conocimiento y los agentes inteligentes.

Los sistemas expertos (SE) son definidos como software especializado que emula los procesos de aprendizaje y comunicación experimentados por el ser humano, lo que se busca con este tipo de sistemas es obtener el conocimiento de un experto en un área

determinada, de modo que pueda convertirse en un apoyo para la toma de decisiones (Duque, Chavarro, & Moreno, 2007).

Las redes neuronales artificiales (RNA) por su parte, son entendidas por Sosa (2007) como "una técnica de procesamiento masivo y paralelo de la información que emula las características esenciales de la estructura neuronal del cerebro biológico" (p.167). Se componen de un conjunto de capas, neuronas y conexiones que le permiten obtener y procesar datos de entrada para generar un conjunto de salidas.

La lógica difusa se sostiene sobre la base de que todo es cuestión de grado, por lo tanto, se puede manejar información imprecisa que permita dar solución a algún problema mediante la aplicación de un conjunto de reglas definidas por un experto, sin importar que la información con la que se cuenta no sea exacta (Sosa, 2007). Aunque es una técnica que puede hacer aportes importantes en diferentes áreas, su uso aún no es muy popular.

Los sistemas basados en conocimiento (SBC) se caracterizan porque el experto provee la información y el sistema la integra de forma directa a la aplicación; aunque este tipo de sistemas son similares a los sistemas expertos, se plantea una diferencia fundamental y es el hecho de que en los SE es necesario definir la representación del conocimiento, la forma en que se va a interactuar con él y la secuencia de instrucción que se van a emplear (Villena, Crespo, & Garcia, 2012b).

Por último, los agentes inteligentes (AG): "Son entidades de software que ejecutan un conjunto de operaciones en nombre de un usuario u otro programa" (Duque et al., 2007, p.393). Es decir, son módulos de software independientes, configurados con una serie de tareas o actividades que estarán en capacidad de ejecutar, pero que deberán estar orientadas a un tema específico.

Piñeiro Sánchez, de Llano Monelos, & Rodríguez López (2013) establecen alrededor de las técnicas de inteligencia artificial que una gran parte del esfuerzo de investigación se ha orientado al desarrollo de herramientas basadas en sistemas expertos y redes neuronales artificiales que demuestran una singular capacidad de adaptación a las particularidades de un problema. Sin embargo fue en el año 2016 donde se incrementó el uso de técnicas de inteligencia artificial, en especial por grandes empresas de tecnología como Google, Microsoft Corporation y Baidu, Inc. (Issa, Sun, & Vasarhelyi,2016).

3. Metodologia

Para abordar el desarrollo de esta investigación, se acudirá al método de revisión sistemática de la literatura (Systematic Literature Review - SLR) tomando como referencia el proceso metodológico propuesto por (Velásquez, 2014, 2015).

Las revisiones sistemáticas de literatura tienen como objetivo resumir, agrupar y criticar la información y material bibliográfico existente sobre un tema o situación de interés, aplicando un proceso de búsqueda, clasificación, análisis, critica y síntesis (Velásquez, 2014). Dentro de las diversas tipologías de SLR existentes, se acudirá a una revisión de tipo descriptiva e integradora. Descriptivo, dado que se dará mayor importancia a la metodología, los descubrimientos y las conclusiones de cada estudio y se complementa

con la revisión de tipo integradora, cuando se hace énfasis en encontrar los puntos de coincidencia y divergencia entre los documentos estudiados.

Para llevar a cabo la revisión, se acudió a las bases de datos SCOPUS, IEE y Web of Science, adicionalmente se tomaron en consideración documentos obtenidos con la herramienta POP (Publish or Perish) y algunos encontrados en otras fuentes. En la Tabla 1 se pueden observar las ecuaciones de búsqueda aplicadas a cada una de las bases de datos.

Base de datos	Ecuación de búsqueda bspecífica	Cantidad de resultados	Artículos seleccionados
IEEE	((Audit) AND (artificial intelligence OR computational intelligence))	236	21
SCOPUS	(TITLE-ABS-KEY (audit) AND TITLE-ABS-KEY (“artificial intelligence” OR “computational intelligence”))	323	28
Web of Science	TI= (audit) AND (TI=(“artificial intelligence”) OR TS=(“computational intelligence”))	5	3
POP	(Audit) AND (artificial intelligence OR computational intelligence))	16	2
OTROS		19	19

Tabla 1 – Ecuación de busqueda y resultados

4. Inteligencia artificial en auditoría

Las tecnologías están llegando a revolucionar la forma en que se ejecutan los procesos dentro de las organizaciones, presentando diferentes opciones y funcionalidades. Hoy en día es casi imposible encontrar una rama de la actividad humana donde no estén involucradas las tecnologías de la información (Kozhakhmet, Bortsova, Inoue, & Atymtayeva,2012). Las sociedades están llegando a un punto en que las tecnologías emergentes dan a las organizaciones la posibilidad de incrementar su productividad y crecimiento, al mismo tiempo que se crean productos, servicios y campos de acción nuevos (Pricewaterhousecoopers, 2018b).

El campo de auditoría no es indiferente a los cambios tecnológicos que se presentan y a las nuevas demandas del mercado, es así como Pedrosa, Laureano, & Costa (2015) sostienen que desde hace ya algún tiempo el uso de la tecnología de información en auditoría ha sido considerada importante por los organismos y entidades encargadas de regular esta profesión, dado que la inclusión de estas herramientas genera efectividad y eficiencia en los procesos de auditoría. Dentro de este segmento se incluyen aplicaciones, herramientas de auditoría automatizada, software de soporte, entre otras.

A nivel general, se tienen aportes importantes relacionados con la aplicación de inteligencia artificial en auditoría, ya sea abordando sus ventajas y desventajas, los riesgos, el rol del auditor, el uso de una técnica en particular o la recopilación de los trabajos desarrollados previamente por otros autores. En este último caso se pudieron encontrar 3 referencias: el primero de ellos publicado por Meservy, Denna, & Hansen

(1992) quienes presentan la recopilación y análisis de algunos de los sistemas expertos desarrollados por miembros de la Universidad Brigham Young, el segundo construido por Pejic-Bach (2010) quien realiza una revisión bibliográfica comprendida entre los años 1956–2009, con el fin de indagar como se ha abordado el desarrollo de aplicaciones de sistemas inteligentes en el campo de la detección y prevención de fraudes, tomando en consideración tres categorías: redes neuronales, lógica difusa e inteligencia computacional y finalmente se tiene el texto publicado por Omoteso (2012) en el cual se revisan los trabajos y debates actuales sobre el uso de sistemas inteligentes por parte de los auditores, con el fin de establecer la orientación de las investigaciones futuras y el desarrollo de software en el área, enfocándose especialmente en el uso de sistemas expertos y redes neuronales.

Las investigaciones relacionadas con la inteligencia artificial en auditoría datan del año 1991 cuando autores como Denna, Hansen, & Meservy (1991) y Vasarhelyi & Kogan (1997) llevaron a cabo los primeros trabajos.

Desde el año 1991 hasta la fecha el panorama no ha cambiado, y no se evidencia, al menos en el ámbito productivo un uso incremental de las técnicas de inteligencia artificial, no obstante la aparición constante de nuevos requerimientos y restricciones que deben contemplarse en los procesos de auditoría, tal como lo afirma Khodakivska (2018), quien manifiesta:

> *La auditoría actual incluye la clasificación, el análisis y el consumo de una gran cantidad de datos en diferentes formatos. Se vuelve cada vez más difícil, sino imposible que el ser humano procese esa avalancha de datos y forme una opinión basada en hechos o encuentre un patrón en los datos aparentemente no relacionados, aquí es donde la inteligencia artificial viene a ayudar (p.5).*

Y complementa:

> *La inteligencia artificial puede señalar a los auditores en las direcciones donde los estados financieros pueden necesitar correcciones, o representar un posible riesgo financiero, o incluso un posible rastro de un fraude. En otras palabras, la inteligencia artificial en el nuevo mundo de auditoría puede automatizar procesos tan cruciales como el cierre de la cartera de clientes, la comunicación con los clientes en los procesos repetidos, la recopilación y el análisis de la información de auditoría, la prevención de fraudes y muchas otras cosas con una velocidad que no se puede alcanzar. (p.5)*

Aunque la inteligencia artificial se encuentra en una etapa baja de desarrollo, ya está siendo usada para modificar y ajustar procesos de auditoría, se está aplicando para detectar patrones y anomalías en cantidades proporcionalmente altas de datos, los problemas son descubiertos y recordados por el equipo, para tomarlos como referencia en la resolución de conflictos futuros que presenten la misma o similar estructura, es decir que la máquina está en capacidad de aprender y aplicar dichos conocimientos al siguiente conjunto de datos (Pricewaterhousecoopers, 2017).

En términos generales la aplicación de técnicas de aprendizaje automático en el área de interés de esta investigación está empezando a posicionarse, generando mayor satisfacción, eficiencia y utilidad para las industrias y organizaciones que las implementan. Se espera

que las organizaciones logren comprender y aplicar las herramientas que les proporciona la tecnología, de modo que puedan adaptarse a los cambios. Pricewaterhousecoopers (2018b) establece que el 46% de las áreas de auditoría interna reconocen los beneficios del uso de tecnología dentro de sus actividades y se apropian de ella, mientras que el 37% conservan una posición aislada en la que únicamente observan.

A efectos de determinar los avances de las diferentes técnicas de inteligencia artificial en auditoria, a continuación, se presentarán por cada una de ellas, los estudios desarrollados a partir de la revisión bibliográfica llevada a cabo.

4.1. Sistemas expertos (SE) en auditoría

Tal como se cita en Dillard & Yuthas (2001) los sistemas expertos están diseñados para elegir entre varias opciones, aquella que sea la mejor dentro de un área de conocimiento particular; esta técnica se ha aplicado en diversos campos, orientada a la toma de decisiones operativas, de gestión y estratégicas. Por lo tanto, las principales firmas de auditoría han invertido en su desarrollo y uso, argumentando que este tipo de tecnologías serán cada vez más importantes para garantizar la supervivencia de las compañías en entornos altamente competitivos.

Los sistemas expertos para auditoría se han aplicado en diferentes etapas del proceso de aseguramiento, entre las que se mencionan la evaluación de controles, el análisis de riesgos, el seguimiento al plan de auditoría, entre otros. Vasarhelyi & Kogan (1997) sostienen que los SE pueden ser de utilidad en casi todas las tareas del proceso de auditoría, dado que muchos de ellos han sido desarrollados en este campo. Como muestra de ello se presenta a continuación, una relación de los SE encontrados en la revisión bibliográfica: AUDITPLANNER, RISK ADVISOR, RICE, ARISC, INTERNAL CONTROL ANALIZER, TICOM, DECISION SUPORT DS, EXPERTEST, COMPAS, AUDITOR, CFILE, EXPERTAX, GC-X, AOD, CHECKGAAP, AUDI EXPERT, AUDIT MASTERPLAN Y EDP-EXPERT. Como complemento al anterior aporte Dillard & Yuthas (2001) presentan alrededor de 13 sistemas expertos dirigidos al campo de auditoría, con enfoques diferentes y utilizados en actividades diversas durante el desarrollo de una auditoría; algunos de ellos son LOAN PROBE, CONTROL PLAN, RIC, ASISTENTE DE AUDITOR, ICE, y XINFO.

En este orden de ideas Atymtayeva, Bortsova, Inoue, & Kozhakhmet (2012) proponen la creación de sistemas expertos, cuya base de conocimiento este constituida con los estándares internacionales de seguridad y el conocimiento del experto, de modo que se unifiquen en un solo lugar las normas, regulaciones y el conocimiento que el auditor transmitirá al sistema. Proaño, Saguay, Jacome, & Sandoval (2017) afirman que el uso de sistemas expertos supone una ayuda importante en la auditoría de sistemas de información, dado que se puede aprovechar el conocimiento de un experto para desarrollar este tipo de sistemas y aplicarlos mediante herramientas informáticas que faciliten la toma de decisiones en el proceso de auditoría de sistemas.

Issa et al. (2016) establece que la aplicación de un sistema experto en auditoría aporta beneficios importantes, como la comprensión automática de los procesos y tareas de auditoría y un mayor nivel de conocimiento y capacidad de transferencia del mismo. No obstante, tambien suelen presentarse fallas o criticas a su funcionamiento, tal como

lo sostienen, Denna et al. (1991) y Davis, Massey, & Lovell (1997), quienes coinciden en que el desempeño de estos sistemas es bueno con entradas literales y precisas pero disminuye cuando se enfrentan a problemas para los que no están programados. Los defectos identificados tienen la posibilidad de solucionarse ya sea mezclando varias técnicas (sistemas híbridos) o desarrollando nuevas propuestas de investigación enfocadas en líneas particulares.

4.2. Redes Neuronales Artificiales (RNA) en auditoría

Las redes neuronales artificiales están en capacidad de analizar y estudiar la estructura de la información y elaborar patrones o secuencias de datos que sean útiles para realizar clasificaciones predictivas o exploratorias (Piñeiro Sánchez et al., 2013). Tal como lo describe el autor las redes neuronales tienen una importante capacidad para detectar datos similares, crear patrones y realizar una serie de acciones que permita generar como resultado datos importantes para ser estudiados y aplicados por expertos de diferentes áreas. Con relación al campo de aplicación de esta técnica dentro de los procesos organizacionales, según Sosa (2007) se habla de 3 grupos que son: optimización, reconocimiento y generalización.

Algunos de los estudios orientados a evaluar el nivel de rendimiento de las redes neuronales artificiales se encuentran enfocados en llevar a cabo una comparación entre el rendimiento de esta técnica y el rendimiento de los métodos estadísticos; tanto Koskivaara (2003) como Rodríguez López, Piñeiro Sánchez, & De Llano Monelos (2014) coinciden en que las RNA ofrecen una mayor capacidad y rendimiento que los métodos estadísticos ante la detección de fraude. En general se plantean buenos resultados con relación a la aplicación de esta técnica, incluso cuando se compara con otras; la única deficiencia que se encuentra está relacionada con el modo en que el usuario interactúa con los resultados de la red, dado que un usuario que no sea experto no comprende el modo en que esta llego a una conclusión; sin embargo, se está buscando la manera de que los resultados generados por esta técnica sean comprensibles para los usuarios (Davis et al., 1997).

El estudio desarrollado por Susanne O'Callaghan, John Paul Walker and J. Timothy Sale y citado en Vasarhelyi & Kogan (1997) estuvo dirigido a investigar las diferencias existentes entre las evaluaciones realizadas por un auditor de control interno y aquellas efectuadas por la RNA, para ello se utilizó el modelo COSO (Committee of Sponsoring Organizations). Los resultados obtenidos indican que las RNA pueden simular las evaluaciones de control interno el 65% de las veces, adicionalmente se identificó que tanto la red como el auditor coinciden en los resultados de la evaluación ya sea de operaciones, de información financiera o de cumplimiento de normas y reglamentos en el 59.3%, 68.9% y 55.3% de las veces respectivamente. Como puede observarse, el uso de redes neuronales en auditoría toma un papel importante dado que estas pueden utilizarse de distintas maneras, ya sea dentro del proceso de auditoría en alguna de las actividades o para evaluar el desarrollo de este.

4.3. Agentes Inteligentes (AG) en auditoría

Si bien la técnica de agentes inteligentes se ha utilizado en algunas áreas de la industria, aún no ha adoptado una posición dominante en el campo de la auditoría; sin embargo,

si se reconoce su importancia. Por ejemplo Issa et al. (2016) plantea que los agentes inteligentes son unidades capaces de recolectar datos de diferentes fuentes de manera permanente, dichos datos proveen al auditor de evidencia e información adicional que podrá ser usada para construir su informe y establecer o confirmar juicios.

Aunque se ha dicho que los agentes inteligentes presentan beneficios para el área de auditoría y se han aplicado modificaciones y adaptaciones a estos de modo que puedan funcionar en entornos diferentes como el internet, esta técnica aun presenta fallas; es decir, el uso de un único agente mejora el proceso, pero podría hacerse mucho más eficiente si se utilizaran varios agentes, cada uno especializado en algún elemento particular de la auditoría, es precisamente esto lo que proponen algunos investigadores dentro de sus estudios sobre el tema. Por consiguiente se hace necesario definir claramente que es un sistema multiagente, según Duque et al. (2007) "Los sistemas multiagente (SMA), son sociedades de agentes que se orientan a fines comunes y mediante coordinación y colaboración distribuyen las tareas" (p.393).

En cuanto a la aplicación práctica o experimental de esta técnica Zuoming, Qiao-Ling, & Ji-Bing (2011) hablan de sistemas de auditoría que hagan uso de agentes, con funciones lógicas, interactivos y autónomos, que se complementen para establecer y mantener un sistema solido; al mismo tiempo el sistema propuesto debe vincular múltiples agentes con altos niveles de calidad. Adicionalmente Zhu', Huang, & Zhoul (2016) presentan los resultados de su investigación, definiendo un sistema multiagente como aquel en el que sus agentes están articulados, colaboran entre ellos, son flexibles y poseen capacidades importantes; deben interactuar, cooperar y adaptarse de modo que unos puedan suplir las posibles fallas de otros en la resolución de problemas. Dentro de la investigación desarrollada por estas personas se propone el uso de 2 agentes, un agente de detección y un agente de aprendizaje, lo que se busca con esto es disminuir la tasa de errores, ya que los agentes cooperan y se comunican cuando trabajan en alguna actividad. De modo que puede demostrarse que el uso de varios agentes de aprendizaje mejora el problema que suponía utilizar solo un agente, ya que aprenden y filtran capa sobre capa haciéndolo un método muy factible y eficiente.

4.4.Sistemas Basados en Conocimiento (SBC) en auditoría

Para justificar el uso de SBC, Proaño et al. (2017) establecen las falencias que pueden presentarse cuando el profesional de auditoría formula su juicio u opinión frente a algún hallazgo; los errores en este proceso pueden darse por varias circunstancias, entre las que se mencionan características subjetivas y capacidades profesionales o técnicas deficientes. Justamente en este punto aparecen los SBC, con la intención de generar juicios más objetivos.

Este tipo de sistemas son usados para resolver situaciones complejas en las cuales no se pueden aplicar sistemas convencionales dado que implican un mayor consumo de recursos como tiempo, costos, memoria y procesamiento. Abordan temas de un área particular sobre la cual se especializan y trabajan continuamente mejorando sus resultados en base a los aprendizajes generados durante el proceso de solución de problemas (Proaño et al., 2017; Montoya, Giraldo, & Perdomo, 2016).

La aplicación de los SBC en el campo de la auditoría pueden proveer soluciones efectivas y eficientes en el área, al mismo tiempo que amplían las bases de conocimiento y las posibles soluciones a situaciones que pueden presentarse en este campo; de igual manera pueden ser utilizados para instruir a nuevos auditores dentro de una organización, ya que simula los conceptos y experiencias de un experto sin características emotivas propias de los seres humanos, contribuyendo a la formación de otras personas en una menor proporción de tiempo y familiarizándolas con el uso de tecnologías dentro del proceso de auditoría, especialmente sistemas inteligentes. Giraldo, Perdomo, Lopera, & Montoya (2016) reafirman este planteamiento, al manifestar:

> *La implementación de sistemas basados en conocimiento permitirá a las organizaciones y a los auditores garantizar la suficiencia, validez y relevancia, necesarios en el proceso de validación de hallazgos. Igualmente se ganará en tener una nueva herramienta de apoyo en el proceso de auditoría. (p.59)*

5. Contribuciones y retos de la IA a la auditoría

El auditor ha desempeñado un papel protagónico en los procesos de auditoría, dado que el trabajo de campo y las demás actividades o acciones relacionadas con este, deben realizarse directamente por él. Sin embargo, esta profesión no está exenta de sufrir los cambios que se presentan en el mercado, específicamente los cambios tecnológicos; así lo corrobora The Institute of Internal Auditors (2017a) cuando sostiene que la profesión de auditoría no puede rezagarse en lo que parece ser la siguiente frontera digital: la inteligencia artificial. Por lo tanto, para estar preparados, los auditores deben conocer y entender las bases de la inteligencia artificial, el rol que desempeñaran en la auditoría, sus riesgos y oportunidades.

Carataş, Spătariu, & Gheorghiu (2018) coincide con The Institute of Internal Auditors (2017a) al afirmar que la auditoría interna se encuentra en un proceso de cambio y por ello los auditores necesitan identificar elementos basicos e importantes de la inteligencia artificial, asi como su rol, las futuras modificaciones del mismo, los retos y las oporunidades de la IA. Ademas el auditor necesitara prepararse para las variaciones que sufrira su rol y estar en la capacidad de adaptarse a la automatización de procesos que tendran lugar al incorporar tecnicas de inteligencia artifcial dentro de las actividades de auditoría.

Después de hacer claridad en que la auditoría no es una profesión estática y reconociendo que el rol del auditor es susceptible de cambios, se puede hablar de algunas de esas modificaciones, que serán producidas al incorporar IA en sus actividades. Se tienen aportes que defienden el uso de técnicas de IA y aseguran que la profesión de auditoría no será reemplazada por las máquinas inteligentes, sino que por el contrario, se verá complementada, haciendo que el auditor pueda explotar de mejor manera sus capacidades, disminuyendo los sesgos u omisiones que pueden presentarse al desarrollar trabajos manualmente, tomando mejores decisiones dado que tendrá a su disposición un conjunto más completo de datos; lo cual generara mayores niveles de seguridad, eficiencia y satisfacción (Omoteso, 2012; Issa et al., 2016a).

Aunque se reconocen todos los factores que la IA tiene a su favor en el ámbito de la auditoría, existen ciertas inconformidades por parte de los auditores, ya que al realizar la automatización de procesos mediante técnicas de inteligencia artificial surge la idea de que la profesión de auditoría podría ser reemplazada por máquinas inteligentes; sin embargo, en cuanto a este tema se han realizado numerosos aportes (Pricewaterhousecoopers, 2017; Proaño et al., 2017; Carataş et al., 2018; Nelson, Kogan, Srivastava, Vasarhelyi, & Lu, 2000; Davenport, 2016; The Institute of Internal Auditors, 2017b) sostienen que el rol del auditor se verá modificado y será necesario que aquellos que deseen permanecer en la profesión se capaciten y se adapten a los cambios; no obstante, el auditor humano no será reemplazado por las máquinas dado que su juicio, experiencia y creatividad son necesarios en las diferentes etapas del proceso de aseguramiento y hasta el momento estos elementos no han podido ser emulados por los sistemas inteligentes.

En cuanto a las responsabilidades que tendrá el auditor, Omoteso (2012) describe las siguientes: asegurar la importancia, confiabilidad y efectividad del uso de técnicas de inteligencia artificial en los procesos propios del campo de auditoría; como puede verse para el año 2012 se habla de la situación y de su importancia pero no se profundiza en ello. Sin embargo, como es de esperarse, con el transcurrir del tiempo los requerimientos alrededor del tema varían y se hacen más descriptivos, así lo demuestra The Institute of Internal Auditors (2017b) al plantear que el auditor deberá contribuir en el diseño responsable de los sistemas basados en inteligencia artificial, de modo que se garantice el cumplimiento de estos con las leyes y reglamentos internacionales que trabajan en pro de la dignidad humana, sus derechos y libertades; adicionalmente deberán identificar, evaluar y comunicar los posibles riesgos que implica al uso de IA y las soluciones que se plantean para enfrentar dichos riesgos, garantizando la seguridad dentro del proceso.

Uno de los principales beneficios descritos dentro de la literatura analizada es que se podrán contemplar todos los datos y no solo una muestra de ellos, lo que lleva a disminuir posibles sesgos en los informes presentados y las decisiones tomadas. Tal como se menciona en Issa et al. (2016), Davenport (2016) y The Institute of Internal Auditors (2017b) al aplicar inteligencia artificial en el análisis de datos o información, se podrá examinar la población completa y no solo una parte de ella, con lo que se logrará extraer las características de la misma. Del mismo modo se asegura que al automatizar alguna tarea la productividad tiende a incrementar, dado que las máquinas realizan cálculos de manera más rápida y eficiente que las personas, lo que implica una disminución en costos.

The Institute of Internal Auditors (2017a) sostiene que las instituciones que comprenden y usan a su favor la inteligencia artificial, estarán en capacidad de generar ventajas competitivas prolongadas; lo que se corresponde con lo citado en Carataş et al. (2018) quienes sostienen que ocasionalmente la IA podrá lograr que la profesión de auditoría sea más efectiva ofreciendo niveles más altos de cobertura y estabilidad, de modo que se pueda dar un valor agregado a todo el proceso.

Por otra parte Nelson et al. (2000) menciona que, al hacer uso de inteligencia artificial para el desarrollo de tareas repetitivas, los auditores tendrán la posibilidad de ampliar sus conocimientos, capacidades y habilidades en pro de un mejor desempeño dentro de

su profesión. La mayoría de los estudios coinciden en que los beneficios que traerá el uso de sistemas inteligentes van desde disminución en tiempos de ejecución, automatización de tareas, incremento en productividad, análisis de mayor proporción de datos, menores costos de ejecución y disminución en los niveles de error; hasta beneficios para el auditor quien podrá dedicar su atención, juicio, conocimientos y creatividad al análisis de los datos arrojados por la máquina, fortaleciendo su experiencia, capacidades y profesión.

En cuanto a los riesgos que enfrentara el campo de auditoría con la aplicación de IA The Institute of Internal Auditors (2017a) menciona 4 riesgos puntuales que considera importantes; el primero de ellos enfocado en los posibles daños a productos o servicios en los que puede incurrir la IA, lo que finalmente se reflejara en el área financiera y en la reputación y buen nombre de la firma de auditoría. El segundo hace referencia a la posibilidad de que los clientes o partes interesadas no acepten el uso de inteligencia artificial; en tercer lugar, la posibilidad de que la organización quede rezagada ante sus competidores por no invertir en IA y en último lugar, pero no menos importante, el hecho de que la inversión realizada en IA no genere los resultados esperados. Carataş et al. (2018) propone algunos riesgos adicionales; modificaciones en las organizaciones y en el perfil de los profesionales, así como la consideración de cuestiones éticas que pueden afectar el proceso y que no se han estudiado a profundidad.

6. Conclusiones

Los sistemas inteligentes suponen numerosas ventajas para la profesión de auditoría, que se traducen en modificaciones tecnológicas y culturales importantes; sin embargo, se deben considerar los costos y beneficios en que posiblemente se incurrirá antes de implantar estos sistemas en las organizaciones.

El rol del auditor si tendrá modificaciones, pero los profesionales de esta área no serán reemplazados por las máquinas, será necesario que se capaciten y adapten a las nuevas situaciones, dado que sus capacidades, habilidades, y conocimientos no pueden ser emulados por la máquina, siempre será necesario el juicio del auditor y su creatividad.

Dentro de la revisión llevada a cabo se identificaron aspectos éticos y legales que deben considerarse al hacer uso de técnicas de inteligencia artificial en auditoría, aunque no se observa un análisis a profundidad; por lo tanto, es necesario prestar más atención a estos aspectos, de modo que se pueda regular el uso de sistemas inteligentes y no se incurra en problemas legales o éticos

Las empresas interesadas en aplicar técnicas de inteligencia artificial, deberán desarrollar estudios previos que les permitan identificar la posición actual de la organización y la forma en que se verá afectada con los cambios, de modo que se puedan prevenir algunos de los riesgos descritos en este documento y se tomen en consideración las opiniones y perspectivas de todos los actores vinculados en los procesos organizacionales, esto con el fin de que las modificaciones aplicadas sean aceptadas y todos puedan trabajar orientados a un mismo objetivo. En general queda un amplio camino por explorar en relación con la aplicación de la IA en el campo de auditoría.

Referencias

Atymtayeva, L. B., Bortsova, G. K., Inoue, A., & Kozhakhmet, K. T. (2012). Methodology and ontology of expert system for information security audit. *6th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems, and 13th International Symposium on Advanced Intelligence Systems, SCIS/ISIS 2012*, 238–243. https://doi.org/10.1109/SCIS-ISIS.2012.6505287

Carataş, M., Spătariu, E., & Gheorghiu, G. (2018). Internal Audit Role in Artificial Intelligence. *"Ovidius" University Annals, Economic Sciences Series*, *XVIII*(1 /2018), 441–445. Retrieved from www.tradingeconomics.com,

Davenport, T. (2016). La innovacion en la auditoria asume las analiticas, la ruta de la inteligencia artificial. Retrieved from https://www2.deloitte.com/co/es/pages/audit/articles/innovacio_auditoria_analiticas.html

Davis, J. T., Massey, A. P., & Lovell, R. E. R. (1997). Supporting a complex audit judgment task: An expert network approach. *European Journal of Operational Research*, *103*(2), 350–372. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00125-2

Denna, E. L., Hansen, J. V., & Meservy, R. D. (1991). Development and Application of Expert Systems in Audit Services. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, *3*(2), 172–184. https://doi.org/10.1109/69.87997

Dillard, J. F., & Yuthas, K. (2001). A responsibility ethic for audit expert systems. *Journal of Business Ethics*, *30*(4), 337–359. https://doi.org/10.1023/A:1010720630914

Duque, N., Chavarro, J., & Moreno, R. (2007). Seguridad inteligente. *Scientia et Technica*, *XIII*(35), 389–394. https://doi.org/10.22517

Giraldo, J. C., Perdomo, W., Lopera, J. A., & Montoya, D. M. (2016). Método para auditorias de sistemas de gestión de calidad aplicando ingeniería de conocimiento. *Ingenierías USBmed*, *7*(2), 54–60. https://doi.org/10.21500/20275846.2037

Issa, H., Sun, T., & Vasarhelyi, M. A. (2016). Research Ideas for Artificial Intelligence in Auditing: The Formalization of Audit and Workforce Supplementation. *Journal of Emerging Technologies in Accounting*, *12*(2), 1–20. https://doi.org/10.2308/jeta-10511

Khodakivska, L. (2018). COMPUTER AUDIT USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE. *Інфраструктура Ринку*, *20*, 290–293. Retrieved from http://www.market-infr.od.ua/journals/2018/20_2018_ukr/20_2018.pdf

Koskivaara, E. (2003). *Artificial Neural Networks in Auditing: State of the Art Data*.

Kozhakhmet, K., Bortsova, G., Inoue, A., & Atymtayeva, L. (2012). *Expert system for security audit using fuzzy logic*.

Meservy, R. D., Denna, E. L., & Hansen, J. V. (1992). Application of artificial intelligence to accounting, tax, and audit services: Research at Brigham Young University. *Expert Systems With Applications*, *4*, 213–218. https://doi.org/10.1016/0957-4174(92)90112-6

Montoya, D., Giraldo, J., & Perdomo, W. (2016). *Caracterización, Arquitectura de los SBC, y el proceso de realización de las auditorias en Colombia*. Retrieved from http://www.iiis.org/CDs2013/CD2013SCI/CISCI_2013/PapersPdf/CA923DT.pdf

Nelson, K. M., Kogan, A., Srivastava, R. P., Vasarhelyi, M. A., & Lu, H. (2000). Virtual auditing agents: The EDGAR Agent challenge. *Decision Support Systems*, *28*(3), 241–253. https://doi.org/10.1016/S0167-9236(99)00088-3

Omoteso, K. (2012). The application of artificial intelligence in auditing: Looking back to the future. *Expert Systems with Applications*, *39*, 8490–8495. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.01.098

Pedrosa, I., Laureano, R. M. S., & Costa, C. J. (2015). Motivações dos auditores para o uso das Tecnologias de Informação na sua profissão: Aplicação aos Revisores Oficiais de Contas. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, *15*(06), 101–118. https://doi.org/10.17013/risti.15.101-118

Pejic-Bach, M. (2010). Profiling intelligent systems applications in fraud detection and prevention: Survey of research articles. *ISMS 2010 - UKSim/AMSS 1st International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation*, 80–85. https://doi.org/10.1109/ISMS.2010.26

Piñeiro Sánchez, C., de Llano Monelos, P., & Rodríguez López, M. (2013). ¿Proporciona la auditoría evidencias para detectar y evaluar tensiones financieras latentes? Un diagnóstico comparativo mediante técnicas econométricas e inteligencia artificial. *Revista Europea de Dirección y Economía de La Empresa*, *22*, 115–130. https://doi.org/10.1016/j.redee.2012.10.001

Pricewaterhousecoopers. (2017). *Confianza en el futuro. El humano y la maquina colaborando en la auditoria* (pp. 1--9). pp. 1--9. Retrieved from https://www.pwc.com/ia/es/publicaciones/assets/el-humano-y-la-maquina-colaborando-en-la-auditoria.pdf

Pricewaterhousecoopers. (2018a). *Bots, Machine Learning, Servicios Cognitivos Realidad y perspectivas de la Inteligencia Artificial en España, 2018* (pp. 1–35). pp. 1–35.

Pricewaterhousecoopers. (2018b). *Moving at the speed of innovation The foundational tools and talents of technology-enabled Internal Audit 2018 State of the Internal Audit Profession Study* (pp. 1–28). pp. 1–28.

Proaño, R., Saguay, C., Jacome, S., & Sandoval, F. (2017). sistemas basados en conocimiento como herramienta de ayuda en la auditoria de sistemas de información (Knowledge based systems as an aid in information systems audit). *Enfoque UTE*, *7*, 148–159. https://doi.org/10.29019

Rodríguez López, M., Piñeiro Sánchez, C., & De Llano Monelos, P. (2014). Determinación del riesgo de fracaso financiero mediante la utilización de modelos paramétricos, de inteligencia artificial, y de información de auditoría* Financial risk determination of failure by using parametric model, artificial intelligence and audit. *Estudios de Economía*, *41*, 187–217.

Sosa, M. del C. (2007). Inteligencia artificial en la gestión financiera empresarial. *Pensamiento y Gestión*, *23*, 153–186. https://doi.org/10.14482

The Institute of Internal Auditors. (2017a). *GLOBAL PERSPECTIVES AND INSIGHTS Artificial Intelligence – Considerations for the Profession of Internal Auditing Part I* (pp. 1–8). pp. 1–8. Retrieved from www.theiia.org/gpi.

The Institute of Internal Auditors. (2017b). *Inteligencia Artificial: El futuro de la auditoría interna*. (Vol. 85, pp. 1–4). Vol. 85, pp. 1–4. Retrieved from https://global.theiia.org/translations/PublicDocuments/TaT-December-2017-Spanish.pdf

Vasarhelyi, M. A., & Kogan, A. (1997). Artificial Intelligence in Accounting and Auditing: Towards New Paradigms. In *Artificial Intelligence In Accounting and Auditing* (Vol. 4).

Velásquez, J. D. (2014). Una guía corta para escribir revisiones sistemáticas de literatura parte 1. *DYNA (Colombia)*, *82*(190), 9–12. https://doi.org/10.15446/dyna.v82n190.49511

Villena, J., Crespo, R., & Garcia, J. (2012a). *Historia de la Inteligencia Artificial* (pp. 1–20). pp. 1–20.

Villena, J., Crespo, R., & Garcia, J. (2012b). *Inteligencia en Redes de Comunicaciones - Sistemas Basados en Conocimiento* (pp. 1–52). pp. 1–52. Retrieved from http://www.ghbook.ir/index.php?name=نیون یاه هناسر و گنهرف & option= com_dbook&task= readonline&book_id= 13650&page= 73&chkhashk= ED9C9491B4&Itemid= 218&lang=fa&tmpl=component

Zhu', X., Huang, Z., & Zhoul, H. (2016). Design of a Multi-agent Based Intelligent Intrusion Detection System. *1 St International Symposium on Pervasive Computing and Applications*, 290–295.

Zuoming, H., Qiao-Ling, L., & Ji-Bing, H. (2011). Web-service oriented computer audit system based on agents. *International Conference on Management and Service Science, MASS 2011*, 1–4. https://doi.org/10.1109/ICMSS.2011.5999077

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 12/09/2019
Aceitação/Acceptance: 29/11/2019

Sistema de Apoio à Decisão para Gestão do Atendimento em Hospitais de Câncer

Antônio Augusto Gonçalves[1,2], Sandro Luís Freire de Castro Silva[1], Sandra Regina Freitas da Silva Morgado de Gois[2], José Geraldo Pereira Barbosa[2], Roberto Luiz Silva dos Santos[1], Saulo Barbará de Oliveira[3]

augusto@inca.gov.br, sandrofreire@gmail.com, sandra.gois@inca.gov.br, jose.geraldo@estacio.br, roberto.santos@inca.gov.br, saulobarbara@gmail.com

[1] Instituto Nacional de Câncer, Rua do Rezende 195, 20230-026, Rio de Janeiro, Brasil.

[1] Universidade Estácio de Sá - MADE, Av. Presidente Vargas 642, 20071-001, Rio de Janeiro, Brasil.

[2] Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR-465 Km7, 23897-000, Seropédica, Brasil.

Pages: 227–236

Resumo: O câncer é considerado um grave problema de saúde pública no Brasil sendo responsável por mais de 130.000 mortes por ano. A gestão do tratamento do câncer é um processo longo e complexo. Os sistemas de apoio à decisão são ferramentas essenciais para melhorar a segurança do paciente, aumentar suas possibilidades de cura e facilitar a pesquisa de novos medicamentos e protocolos de tratamento. Este estudo apresenta a implementação de um Sistema de Apoio à Decisão desenvolvido no Instituto Nacional do Câncer (INCA) que é baseado na colaboração entre médicos e gestores para suportar o atendimento personalizado e analisar casos de pesquisa clínica em tempo real através da mineração de dados.

Palavras-chave: Sistemas de Apoio à Decisão, Gestão do Conhecimento.

Decision Support System for Care Management in Cancer Hospitals

Abstract: Cancer is considered a severe public health problem in Brazil and is responsible for over 130,000 deaths per year. Managing cancer treatment is a long and complicated process. Decision support systems are essential tools to improve patient safety, increase healing possibilities, and facilitate research into new drugs and treatment protocols. This study presents the implementation of a decision support system developed at the National Cancer Institute (INCA) that is based on collaboration between doctors and managers to support personalized care and analyze real-time clinical research cases through data mining.

Keywords*:* Decision Support Systems, Knowledge Management.

1. Introdução

Atualmente, as organizações de saúde estão enfrentando grandes desafios devido a mudanças demográficas, avanços tecnológicos e recursos escassos. O volume de dados

coletados ultrapassou a capacidade de processamento dos sistemas de informações clínicas. Além disso, os dados são coletados de diferentes fontes e em diversos formatos, o que aumenta o esforço para extrair informações úteis. Os gestores entendem que o processo de tomada de decisões deve ser ágil e confiável para a eficiência da gestão de atendimento dos pacientes (Glaser e Salzberg, 2011).

Os serviços de saúde são caracterizados por atividades intensivas em conhecimento e as ferramentas de Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) são muito utilizadas para apoiar o compartilhamento do conhecimento. Nestas circunstâncias, os sistemas de apoio a decisão são decisivos para a tomada de decisões clínicas e para oferecer melhores resultados aos pacientes. A importância da informação médica tem sido ressaltada nas pesquisas para apoiar a medicina baseada em evidências. As equipes de saúde dependem cada vez mais das ferramentas de TIC para lidar com os desafios de criar, estruturar, compartilhar e aplicar o conhecimento (Raghupathi e Raghupathi, 2014).

Inovações em Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) apoiam os profissionais de saúde para criar as bases de dados necessárias para melhorias importantes dentro das organizações de saúde. Além disso, permitem que os médicos se comuniquem com facilidade e rapidez com os pacientes e a equipe clínica através de diferentes aplicativos (Mettler e Vimarlund, 2009).

Avanços na qualidade de vida aumentaram as expectativas de vida dos cidadãos. Neste cenário, as doenças relacionadas com idades avançadas cresceram. O câncer no Brasil é considerado um grave problema de saúde pública. A gestão do atendimento e tratamento do câncer é um processo longo e complexo. A redução do tempo de espera do paciente para iniciar o tratamento do câncer desempenha um papel cada vez mais importante para aumentar as possibilidades de cura desta doença (Pitassi et al., 2014).

Em oncologia, os médicos necessitam da coleta eletrônica de informações relacionadas ao câncer, em busca de atendimento personalizado e para analisar casos de pesquisa clínica em tempo real e, consequentemente, melhorar a qualidade do tratamento dos pacientes. Existe a necessidade de uma arquitetura de informações clínicas que se concentre em questões específicas relacionadas ao tratamento do câncer (Goldwein, 2007)

Os bancos de dados de evolução clínica acumulam um grande volume de informações sobre os pacientes de câncer e suas condições de saúde. A descoberta de associações e padrões dentro desses dados podem fornecer novos conhecimentos médicos. A mineração de dados é uma técnica que pode ser utilizada para analisar grande volume de dados. Estudos têm aplicado a mineração para descobrir associações desconhecidas em cuidados de saúde como o caso de predição da taxa de sobrevivência do câncer de mama. Da mesma forma, a mineração de dados usando árvores de decisão, redes neurais e outras técnicas de inteligência artificial podem descobrir novos padrões e relacionamentos (Witten e Frank, 2005).

A mineração de dados combina técnicas de descrição e previsão. A técnica de descrição tem como objetivo encontrar padrões, estabelecendo associações, enquanto a previsão procura prever alguma resposta de interesse. Prever a evolução de uma doença é uma das tarefas mais interessantes e desafiadoras para desenvolver aplicativos de mineração de

dados. A análise de sobrevida é um campo no prognóstico médico que lida com aplicação de vários métodos utilizando dados históricos a fim de prever a sobrevivência de um determinado paciente sofrendo de uma doença ao longo de um determinado período (Delen et al., 2005).

Os Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) são ferramentas essenciais para garantir as melhores práticas de tratamento do câncer. Em oncologia, o grande volume de dados, as complexidades do tratamento e a demanda por dados em tempo real reforçam a necessidade de sistemas de informações para acessar, organizar e gerenciar dados clínicos dos pacientes (Kanas et al., 2010).

Os sistemas legados estão sendo substituídos por sistemas de apoio a decisão que agregam dados oriundos desde fontes externas de sistemas de saúde pública aos prontuários eletrônicos das unidades hospitalares. A Integração torna-se um desafio crucial já que dados heterogêneos são gerados por vários sistemas de saúde. Embora o foco seja a integração de dados clínicos, esses sistemas devem agregar diferentes tipos de dados, incluindo dados demográficos, genéticos, coletados por sensores e aplicativos de internet das coisas oriundos de sistemas de monitoração clínica, imagens e dados textuais de relatórios clínicos. No entanto, esta proliferação cria desafios relacionados à segurança e consistência de dados. A diversidade de dados relacionados à assistência médica, seu enorme volume e fragmentação dificultam o processamento e a análise de dados (Mezghani et al., 2015).

O objetivo deste artigo é descrever o desenvolvimento de uma arquitetura de informações baseada na gestão do conhecimento implantada no Instituto Nacional de Câncer (INCA). O estudo apresenta a implementação de um Sistema de Apoio à Decisão baseado na colaboração entre médicos e gestores para suportar o atendimento personalizado e analisar casos de pesquisa clínica em tempo real através da mineração de dados.

2. Métodos

O uso de sistemas de apoio à decisão está obtendo cada vez mais reconhecimento e relevância na área de saúde. O ambiente baseado em conhecimento implantado no INCA incluiu quatro etapas: criação, estruturação, compartilhamento e aplicação. As quatro etapas com sua respectiva lista de atividades e ferramentas utilizadas no planejamento do tratamento do câncer estão descritas na Figura 1.

A fase de criação consiste na aquisição de dados e identificação de melhores práticas. O processo de aquisição de dados, de fontes internas e externas, é fortemente inter-relacionado com a equipe clínica envolvida no tratamento do câncer. Os dados podem ser coletados em tempo real, importados de bancos de dados externos ou recuperados com base em linguagens de consulta SQL. Os dados coletados são armazenados em grandes repositórios de dados.

A fase de estruturação consiste em definir, armazenar, indexar e vincular diretrizes clínicas para tratamento de câncer. Esta fase envolve classificar e armazenar protocolos e diretrizes clínicas. A fase de compartilhamento compreende na difusão de melhores práticas usando extranet, intranet, aplicativos de colaboração e comunidades de prática.



Figura 1 – Fases da Gestão do Conhecimento

A última fase inclui atividades relacionadas ao processo de tomada de decisão clínica e resolução de problemas usando aplicações de Data Mining. Para apoiar as atividades dos médicos, os analistas de sistemas do INCA desenvolveram aplicações de mineração de dados para identificar os tratamentos mais eficazes. Estas aplicações buscam comparar padrões de tratamento, sintomas e efeitos indesejáveis e, em seguida, investigar quais procedimentos médicos serão mais eficazes para um determinado grupo de pacientes. Esta é também uma maneira de identificar as melhores práticas clínicas e protocolos para o tratamento do câncer. A mineração de dados tem um alto potencial para instituições de tratamento do câncer, permitindo que os gestores possam usar ferramentas de análise de dados para detectar ineficiências e aplicar boas práticas que aumentam as possibilidades de cura e reduzem custos. O objetivo do INCA foi desenvolver uma arquitetura de gestão do conhecimento para apoiar o processo de tomada de decisões clínicas. A maioria destas ferramentas são centradas no paciente, conforme apresentado na Fig. 2.

Várias fontes podem gerar dados heterogêneos que são armazenados em bancos de dados relacionais. Cinco etapas foram identificadas: coleta de dados, armazenamento, análise, visualização e aplicação. Esta arquitetura foi desenvolvida para lidar com a heterogeneidade de dados e para transformar o resultado da análise em conhecimento compartilhado e reutilizável.

Os serviços que coletam, preparam e processam diferentes bases de dados, transformam estes conjuntos de dados heterogêneos em conhecimento compreensível e compartilhável. Esta arquitetura de dados baseada em conhecimento foi desenvolvida usando a intranet do INCA que oferece acesso seguro as principais funcionalidades de tecnologias emergentes de informação e comunicação para melhorar e facilitar os cuidados ao paciente.

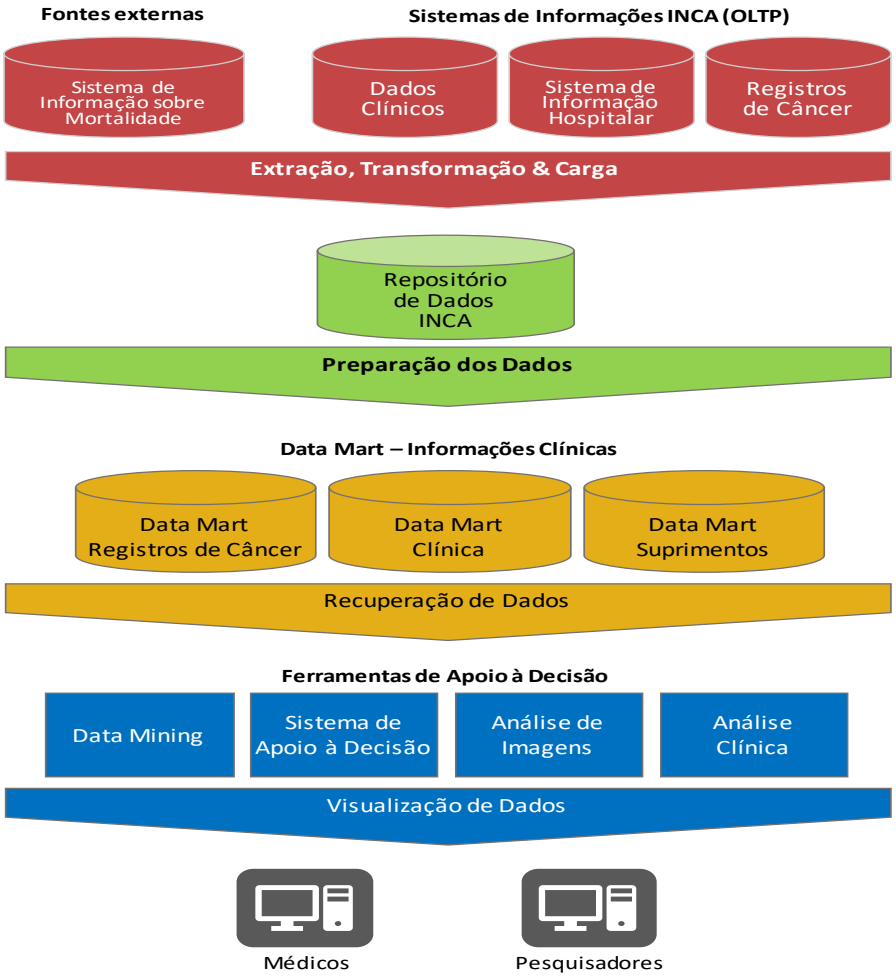


Figura 2 – Arquitetura de Gestão do Conhecimento em Câncer - INCA

O objetivo do desenvolvimento deste ambiente foi fornecer uma solução escalável para armazenar um grande volume de dados de saúde gerados por múltiplas fontes, apoiar a integração e o compartilhamento de dados para suportar o processo de tomada de decisões clínicas.

Os dados clínicos incorporados ao repositório de dados (Data Warehouse), são provenientes do sistema de informação hospitalar, do sistema de dados clínicos e dos registros de câncer como mostrado na Figura 3 e se dividem em três categorias: (i) a informação histórica que os pacientes fornecem; (ii) a informação obtida do exame físico; e (iii) os resultados dos testes ou procedimentos realizados nos pacientes.

O objetivo do sistema de informação hospitalar (SIH) é coletar, armazenar, processar, recuperar dados de todas as atividades do hospital e, ao mesmo tempo, satisfazer os requisitos funcionais de todos os usuários autorizados. O sistema hospitalar do INCA é composto por módulos orientados para o paciente (admissão, alta, entrada de pedidos, módulos de radiologia e módulos de laboratório) e módulos administrativo (finanças, faturamento, suprimentos).

Os dados de evolução clínica não estão nas bases de dados do sistema de informação hospitalar, já que um módulo específico de prontuário eletrônico foi desenvolvido e personalizado para atender aos requisitos dos tratamentos de câncer realizados nas unidades hospitalares do instituto. A importância estratégica da análise de dados clínicos tem motivado INCA a incorporar ao repositório de dados as informações provenientes do SIH, dos dados clínicos do prontuário eletrônico e dos registros de câncer que são alimentados por médicos, enfermeiros e outros profissionais de cuidados de saúde.

Esta solução incluiu a colaboração entre médicos e gestores, simplificando o trabalho do médico e capacitando gerentes com aplicativos na arquitetura da Web. Os sistemas legados alimentam o repositório de dados clínicos do INCA, que foi a base para construir os datamarts clínicos. Ferramentas de BI, e tecnologias de apoio à decisão ajudam os tomadores de decisão a avaliar o desempenho das práticas do INCA em relação às diretrizes, padrões e evidências.

Utilizando conceitos e ferramentas de análise e mineração de dados, os gestores desenvolveram grande capacidade na análise dos procedimentos médicos. Ao avaliar um protocolo de tratamento é necessário entrar em detalhes sobre o registro de evolução clínica dos pacientes. Além de apoiar as atividades médicas e administrativas combinadas, o ambiente é capaz de disponibilizar relatórios de utilização da capacidade instalada das unidades hospitalares e realizar uma análise de tendências sobre o comportamento da fila de atendimento em tempo real. A redução do tempo de espera do paciente para iniciar o tratamento do câncer desempenha um papel cada vez mais importante no tratamento do câncer.

3. Ambiente Integrado de Informações Oncológicas

O INCA possui cinco unidades hospitalares com diferentes especialidades, mas que compartilham os mesmos processos e tecnologias com base em um banco de dados único e compartilhado por sistemas de informações hospitalares integrados. Para apoiar as atividades dos médicos, foram desenvolvidas várias ferramentas, como mecanismos de rastreabilidade para manter o histórico longitudinal do paciente, ferramentas on-line para reunir informações clínicas e o prontuário eletrônico. A maioria deles é centrada no paciente e torna o ambiente hospitalar responsivo ao tipo de estrutura de gestão do conhecimento, como apresentado na Figura 3.

O Ambiente Integrado do INCA foi desenvolvido usando a rede de intranet do INCA, que fornece um acesso seguro aos aplicativos desenvolvidos para melhorar o tratamento do câncer. Essa solução inclui um ambiente de colaboração entre médicos e gestores, simplificando o trabalho do médico e capacitando os gerentes envolvidos nos processos de tomada de decisão. Os sistemas legados alimentam os repositórios de dados que são a base para construir as aplicações de análise e mineração dos dados clínicos.

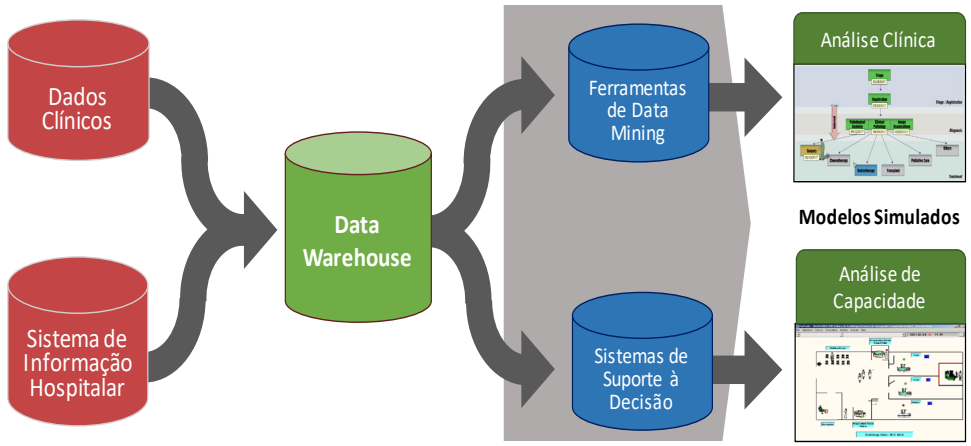


Figura 3 – Ambiente Integrado de Informações Oncológicas

Com a implantação deste ambiente é possível reconstruir o fluxo de pacientes em tempo real durante o processo de tratamento, de acordo com as informações coletadas no repositório de dados existente. Dados relevantes sobre o fluxo de pacientes, bem como sobre o tamanho e composição das filas de espera são registrados. Os novos recursos do sistema tornam possível a análise da capacidade de atendimento dos pacientes em tempo real.

4. Fluxo de Tratamento de Câncer

Baseado no estudo do fluxo de pacientes foi desenvolvido e implantado um sistema de suporte à decisão, que se tornou uma das principais ferramentas para gestão do atendimento do INCA, sendo utilizado pelos diretores das unidades assistenciais e de suas respectivas chefias de clínicas. Utilizando o ambiente Intranet como um portal seguro para acesso a dados confidenciais, o sistema de gestão de atendimento foi construído numa arquitetura gráfica que permite consolidar e fornecer informações estratégicas, com o objetivo de preencher a lacuna existente entre o conhecimento dos médicos, administradores e o corpo gerencial sobre a evolução clínica dos pacientes.

A estrutura proposta permite que os tomadores de decisão tenham um conjunto de cenários alternativos em tempo real. Consiste em vários modelos ligados ao fluxo de tratamento do paciente. O componente de fluxo de tratamento de câncer automatizado é um recurso inovador. Ele suporta a funcionalidade de criar graficamente o fluxo de tratamento do paciente a partir do repositório de dados clínicos. Consequentemente, os usuários são capazes de rastrear, em uma abordagem visual, a evolução do tratamento. Este módulo é uma ferramenta muito útil para apoiar a tomada de decisões em relação ao planejamento do tratamento do câncer. Os médicos podem analisar, em uma única tela, o passado, o presente e os procedimentos clínicos futuros do fluxo de tratamento do paciente. A sequência de eventos, as datas e a duração de cada evento são muito importantes para entender a evolução do tratamento. A Figura 4 mostra um exemplo do fluxo de tratamento para um paciente em particular.

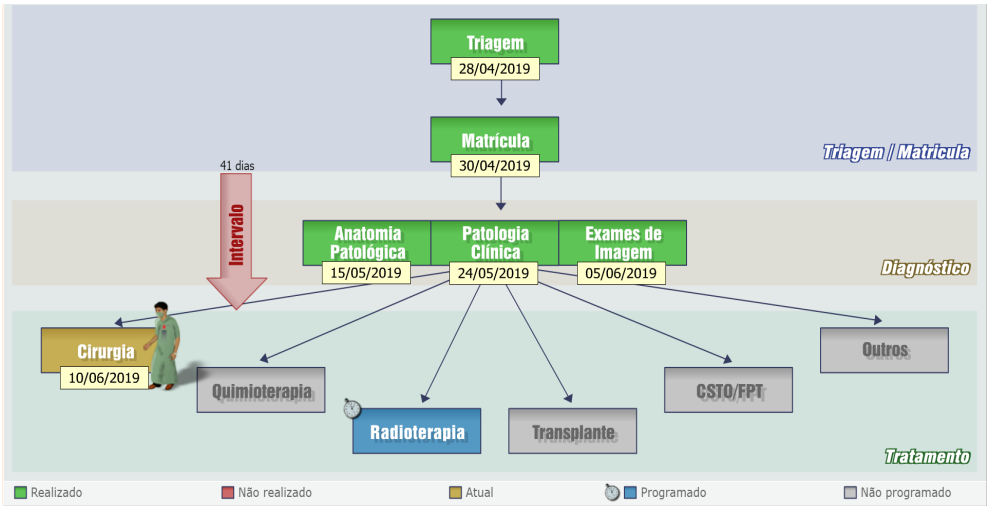


Figura 4 – Fluxo de Tratamento de Câncer Automatizado

Este componente melhora a rastreabilidade e é totalmente orientado para o paciente. É permitido ver, num modo gráfico, as particularidades do fluxo de um paciente em particular sobre o processo de tratamento do câncer. O médico responsável pelo caso é capaz de seguir um paciente em particular ou um grupo de pacientes, passo a passo, no tratamento do câncer. Com base nas informações facilmente disponíveis, a equipe médica é capaz de identificar ou prever possíveis gargalos no fluxo de tratamento.

Este aplicativo permite que o médico reconstitua todos os passos do paciente, bastando para isto selecionar a sequência de eventos, que irá fornecer todas as datas dos procedimentos já realizados e o caminho percorrido conforme é demonstrado na figura anterior. A arquitetura do fluxo eletrônico de tratamento representa uma quebra de paradigma em relação aos prontuários tradicionais, possibilitando uma visão não só dos eventos passados como também da situação atual do paciente e sua programação futura em uma única tela.

O fundamento principal desta nova abordagem é o de ser orientado para rastrear o paciente no seu processo de tratamento possibilitando uma análise de sua evolução clínica em tempo real. O fluxo do paciente pode ser analisado de forma detalhada desde a matrícula na instituição hospitalar até o fim do tratamento. Baseado nas informações disponibilizadas, os gestores podem identificar as clínicas com maior demanda e os exames de diagnóstico que devem ser agilizados através de ações de melhoria de processos, aumento da capacidade instalada e de recursos humanos.

5. Conclusões

Toda organização de saúde deve estar interessada em informações de qualidade e na análise dos dados do paciente. Entretanto, o tratamento do câncer tem algumas

características que tornam os sistemas de apoio a decisão ainda mais relevantes. A principal é a necessidade de uma alta disponibilidade, consistência e integração de dados. Outro fator crucial é a complexidade do tratamento e a obrigação de prestar contas pela qualidade do atendimento.

Os sistemas de apoio à decisão destinam-se a apoiar os médicos no processo de tomada de decisões clínicas. Embora a implementação dos SAD não seja trivial e exija um planejamento cuidadoso, espera-se que os benefícios que possam ser alcançados com melhores informações e decisões superem os custos. Ao fornecer respostas sob demanda para questões relevantes, essas ferramentas serão um fator importante para a melhoria do desempenho nas práticas médicas.

O desenvolvimento de sistemas de apoio à decisão clínica aumenta os requisitos de integração de sistemas de informação, segurança e qualidade de dados. Principalmente quando os sistemas legados usam entrada de dados realizadas por enfermeiros, médicos e outras equipes clínicas, enfrentando problemas de qualidade relacionados à integridade, precisão e atualização dos dados. Uma estratégia eficaz para gerenciar a mudança nas organizações de saúde é apenas implantar completamente o novo sistema após testar sua adequação às tarefas médicas. Essa foi a estratégia usada no INCA. Os médicos beneficiados estavam ativamente engajados na implementação das novas funcionalidades para apoiar suas próprias práticas clínicas.

Os principais benefícios derivados da implantação do Sistema de Apoio à Decisão clínica para gerenciamento de informações sobre doenças oncológicas são o acesso ao conhecimento em tempo real, foco e satisfação do paciente, redução nos custos de tratamento, melhor transferência de conhecimento e difusão das melhores práticas de saúde e finalmente rapidez do diagnóstico de câncer melhorando a qualidade do diagnóstico e dos dados utilizados em estudos epidemiológicos.

Este estudo ofereceu lições empíricas que podem ser seguidas por organizações de saúde que planejam adotar inovações de TIC na prática clínica. Os sistemas de apoio à decisão em oncologia são sistemas dinâmicos que envolvem um processo de melhoria contínua para apoiar seu desenvolvimento, a fim de atender às frequentes mudanças nos protocolos de tratamento do câncer.

6. Agradecimentos

O primeiro autor gostaria de agradecer o apoio financeiro do programa de produtividade em pesquisa da Universidade Estácio de Sá (UNESA).

Referências

Delen, D., Walker G., Kadam A. (2005). Predicting breast cancer survivability: a comparison of three data mining methods, Artificial Intelligence in Medicine, vol.34, pp.113-127

Glaser, J. P., Salzberg, C. (2011). The Strategic Application of Information Technology in Health Care Organizations, San Francisco: Jossey Bass.

Goldwein J. (2007). Using an electronic health record for research, Journal of Oncology Practice. 3 pp. 278–279.

Kanas, G., Morimoto, L., Mowat, F., O'Malley, C., Fryzek, J., Nordyke, R. (2010). Use of electronic medical records in oncology outcomes research. Clinic economics and Outcomes Research 2010; 2:1–14.

Mettler, T., Vimarlund, V. (2009). Understanding business intelligence in the context of healthcare. Health Informatics Journal, 15(3),254–264, 2009.

Mezghani, E., Exposito, E., Drira, K., Da Silveira, M., Pruski, C. (2015). A Semantic Big Data Platform for Integrating Heterogeneous Wearable Data in Healthcare, Journal of Medical Systems, 21.

Pitassi C.; Gonçalves A. A.; Moreno V. (2014). Fatores que influenciam a adoção de ferramentas de TIC nos experimentos de bioinformática de organizações biofarmaceuticas: um estudo de caso no Instituto

Raghupathi W., Raghupathi V. (2014). Big data analytics in health-care: promise and potential. Health Information Science and Systems 2014;2(1):3.

Nacional do Câncer. Ciência e Saúde Coletiva (Impresso), v. 19, p. 257-268.

Witten H. I., Frank E. (2005). Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques, Second edition, Morgan Kaufmann Publishers.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: xx/09/2019
Aceitação/Acceptance: xx/11/2019

Terminologías médicas para la agrupación automática de enfermedades y tratamientos codificados por sistemas informáticos

Silvana Cuenca[1], Ruth Reátegui[1]

smcuenca@gmail.com, rmreategui@utpl.edu.ec

[1] Universidad Técnica Particular de Loja, San Cayetano Alto, 1101608, Loja, Ecuador.

Pages: 237–246

Resumen: Sistemas informáticos utilizados en el área de la salud guardan información de los pacientes. Estos sistemas utilizan terminologías que permiten normalizar y codificar información médica. Unified Medical Language System es una terminología que trabajan con términos médicos, tales como diagnósticos, tratamientos, enfermedades, medicamentos. En el Ecuador se utiliza el Cuadro Nacional de Medicamentos Básicos para codificar medicamentos. A pesar que estas terminologías ayudan a eliminar la redundancia de información, aún existe gran cantidad de códigos. Por tanto, identificar la relación entre enfermedades y tratamientos es una tarea laboriosa y propensa a errores si se realiza de forma manual. Considerando lo antes mencionado, el presente trabajo se enfoca en la identificación automática de relaciones entre enfermedades y tratamientos. Se desarrolló una aplicación web que identifica y agrupa automáticamente enfermedades y tratamientos en base a los códigos pertenecientes a las terminologías anteriormente indicadas. La aplicación permite integrar otras tecnologías o actualizar las existentes.

Palabras-clave: códigos médicos, códigos clínicos, UMLS, historias clínicas electrónicas.

Medical terminologies for the automatic grouping of diseases and treatments codified by computer system

Abstract: Computer systems in the area of health store patient information. These systems use terminologies that allow the normalization and codification of medical information. Unified Medical Language System is a terminology that works with medical terms such as diagnoses, treatments, diseases, medications. In Ecuador, the National Table of Basic Medicines is used to codified drugs. Although these terminologies help eliminate redundancy of information, it still exists a large number of codes. Therefore, identifying the relationship between diseases and treatments is a laborious task and prone to errors if it is performed manually. Considering the aforementioned, this paper focuses on the automatic identification of relationships between diseases and treatments. A web application was developed

that automatically identifies and groups diseases and treatments based on the codes belonging to the terminologies above-mentioned. The application allows integrating other technologies or updating existing ones.

***Keywords**:* medical codes, clinical codes, UMLS, electronic health records.

1. Introducción

Actualmente las instituciones de salud cuentan con sistemas informáticos que almacenan gran cantidad de datos relacionados a la salud de los pacientes. Según (Romá-Ferri & Palomar, 2008) se ha convertido en un reto el convertir la abundante información en conocimiento que puede ser utilizado en la investigación, epidemiología, para evaluar la calidad asistencial, cuidado de los pacientes entre otros.

Por otro lado, para una correcta comunicación entre sistemas y para una mejor administración y utilización de la información médica se utilizan estándares y vocabularios que permiten codificar y normalizar la terminología utilizada (Romá-Ferri & Palomar, 2008; Ahmadian et al., 2011). Uno de los estándares ampliamente utilizados en el campo biomédico es el Unified Medical Language System (UMLS). UMLS es un Metatesauro que permite estandarizar y clasificar terminología médica (National Library of Medicine (US), 2009).

Cada vocabulario presenta una serie de relaciones que permite agrupar códigos médicos como por ejemplo de enfermedades y tratamientos. En los sistemas informáticos médicos puede existir una gran cantidad de códigos que corresponden por ejemplo a enfermedades y tratamientos. El reconocimiento manual de este tipo de relaciones sería laborioso, costoso e incluso imposible de realizar.

UMLS y SNOMED-CT poseen buscadores (National Library of Medicine (US), 2009) en los cuales se puede consultar (usando códigos UMLS o nombre) información de algún concepto biomédico y las posibles relaciones que puede tener con otros conceptos (ej. diabetes e insulina), pero esta consulta se realiza ingresando un código o nombre a la vez. Por tal razón, otra de las contribuciones es que al desarrollar la aplicación se estaría relacionando automáticamente enfermedades y tratamientos, dado un listado de códigos de dichos conceptos y no de uno en uno como actualmente lo hacen.

Considerando que existe una gran cantidad de códigos dispersos en los sistemas informáticos médicos, el presente trabajo utiliza vocabularios y ontologías médicas existentes tales como NDFRT y ATC para agrupar-relacionar automáticamente enfermedades y tratamientos. Cabe recalcar que el Cuadro Nacional de Medicamentos Básicos (CNMB) utilizado en Ecuador para codificar los medicamentos se basa la codificación internacional ATC.

Se desarrolló una aplicación web, la cual fue desarrollada mediante la utilización de librerías en el lenguaje Python como es PyMyTerm que ofrece métodos prestablecidos de búsqueda con terminologías médicas. La aplicación se encarga de agrupar relaciones entre enfermedades y tratamientos o viceversa partiendo de un archivo csv con códigos UMLS de enfermedades y tratamientos. La finalidad es facilitar al usuario la identificación de relaciones y reducir los tiempos de operatividad y minimizar la información pues es muy tediosa la búsqueda que actualmente se encuentra en el navegador de UMLS.

Además, en la aplicación se puede integrar otros vocabularios y desarrollar un sistema global que permita mejorar el sector salud en el país.

El presente trabajo se estructura de la siguiente manera: en la sección dos se describen las terminologías médicas utilizadas, en la sección tres la metodología y las herramientas que se usaron para el desarrollo de la aplicación web, la sección cuatro detalla los resultados y finalmente en la sección cinco las conclusiones.

2. Terminologías médicas

El avance de las tecnologías de la información ha abarcado diferentes ciencias entre las que destacan la medicina, motivo por el cual se han realizado estándares y terminologías internacionales para facilitar la comunicación entre sistemas de información. Entre los principales estándares se puede hacer mención del Unified Medical Language System (UMLS), NDFRT y ATC. A continuación, se realiza una breve descripción de las terminologías utilizadas en la aplicación.

2.1. UMLS

El Sistema Unificado de Lenguaje Médico (UMLS) según (National Library of Medicine (US), 2009) es un estándar médico utilizado a nivel internacional el cual reúne un conjunto de archivos y software que permiten promover la creación de sistemas y servicios de información biomédica más efectivos e interoperables.

UMLS tiene tres fuentes de conocimiento: 1) El Metathesaurus que se lo considera como una base de datos de múltiple propósito el cual contiene datos biomédicos y relacionados con la salud. 2) La red semántica proporciona una categorización consistente de todos los conceptos representados en el Metathesaurus, permitiendo un conjunto de relaciones entre conceptos. 3) Especialista léxico y herramientas léxicas que proveen una colección de programas que procesan palabras y términos de lenguaje natural, tienen como componentes un normalizador, un generador de índice de palabras y un generador de variante léxica.

2.2. NDFRT

Es una terminología que consta en UMLS y es producida por el U.S. Department of Veterans Affairs, Veterans Health Administration. Esta terminología se utiliza para modelar las características de los medicamentos. Incluye ingredientes, la estructura química, la forma de dosis, el efecto fisiológico, el mecanismo de acción, la farmacocinética y las enfermedades relacionadas (U.S. Department of Veterans Affairs, Veterans Health Administration, 2015).

NDF-RT consta de una extensa colección de conceptos de medicamentos clasificados en jerarquías (Zheng at al., 2017). Los conceptos de NDF-RT se dividen en categorías o tipos muy generales, de modo que cada concepto se asigna exactamente a un tipo. NDF-RT tiene varios tipos de conceptos y relaciones (U.S. Department of Veterans Affairs, Veterans Health Administration, 2015). En nuestro trabajo los tipos de conceptos utilizados son:

- **DRUG_KIND:** Incluye la clasificación de medicamentos descrita en Veterans Affairs (VA), preparados de ingredientes genéricos utilizados en medicamentos,

productos farmacológicos clínicos del VA y las clases farmacológicas establecidas por la FDA.

- **DISEASE_KIND:** Comprende el estado fisiopatológico y ciertos estados fisiológicos no patológicos que son tratados, prevenidos o diagnosticados por un ingrediente o producto farmacéutico. También se puede usar para describir contraindicaciones.

Relaciones de funciones

De acuerdo a (U.S. Department of Veterans Affairs, Veterans Health Administration, 2015) las relaciones de funciones ayudan a describir y definir conceptos en función de sus relaciones con otros conceptos. Cada función tiene un dominio, así como un rango. Las funciones soportan la clasificación automatizada basada en herramientas y se heredan en conceptos descendientes en la taxonomía inferida resultante.

En NDF-RT, con el concepto DRUG_KIND tienen relaciones de funciones, que se heredan en la jerarquía de medicamentos, independientemente si son genéricos o comerciales. A continuación, se indican las relaciones de funciones establecidas en (U.S. Department of Veterans Affairs, Veterans Health Administration, 2015) y utilizadas en nuestro trabajo:

- **Ingredientes genéricos o combinaciones:** Las relaciones utilizadas para el desarrollo del presente trabajo en cuanto a la terminología internacional son aquellas que permiten dar a conocer las indicaciones o usos clínicamente significativos para el tratamiento, la prevención o el diagnóstico de las enfermedades. Estas relaciones son:
- may_treat {} • DISEASE_KIND: Uso terapéutico o indicación de una preparación de principio genérico u original.
- may_prevent {} • DISEASE_KIND: Uso preventivo o indicación de una preparación de principio genérico u original.
- may_diagnose {} • DISEASE_KIND: Uso diagnóstico o indicación de una preparación de principio genérico u original.

2.3. CNMB

El Ministerio de Salud Pública del Ecuador, ente principal de regulación de los sistemas públicos de salud, por decreto ministerial se ha encargado de la colaboración en la elaboración del Cuadro Nacional de Medicamentos Básicos y Registro Terapéutico (CNMB).

El CNMB consta de cuatro capítulos: el Capítulo I, los medicamentos esenciales de uso general; el Capítulo II, los medicamentos esenciales para enfermedades catastróficas; el Capítulo III, los antídotos; y el Capítulo IV, los medicamentos esenciales de uso exclusivo para las indicaciones especificadas (CONASA, 2014).

Es necesario mencionar que el CNMB hace uso de una codificación internacional ATC (Clasificación Anatómica, Terapéutica y Química) que es un sistema de codificación de medicamentos en cinco niveles según el sistema u órgano efector, el efecto farmacológico, las indicaciones terapéuticas y la estructura química del fármaco (WHO Collaborating Centre for Drug Statistics Methodology, 2018). El CNMB no cuenta con una terminología

propia que ayude a conocer específicamente cual es la relación entre medicamento-enfermedad o viceversa.

Además, se indica que, debido a la continua evolución en el campo farmacológico, este Sistema es regularmente revisado y actualizado por el Consejo Nórdico de Medicamentos bajo la coordinación del Centro Colaborativo para Metodología sobre Estadísticas de Medicamentos de la OMS, con sede en Oslo, Noruega (CONASA, 2014).

3. Metodología

Para el desarrollo de la aplicación web se utilizó la metodología ICONIX que consta de cuatro fases: análisis de requisitos, análisis y diseño preliminar, diseño e implementación y pruebas.

3.1. Análisis de requisitos.

La fase de análisis de requisitos está conformada por tres actividades:

- Modelo de dominio: Se refiere a hacer un levantamiento de todos los requisitos que deberían ser parte del sistema, y con esto construir el diagrama de clases, que representan las agrupaciones funcionales que estructuran el sistema en desarrollo.
- Prototipación rápida: Se intenta representar las interfaces del sistema, diagramas de navegación, entre otros, mediante un prototipo rápido; para obtener una mejor comprensión de sistema propuesto.
- Modelos de caso de uso: Identifica los casos de uso del sistema y sus actores involucrados, utilizando el modelo de casos de uso para su representación. Donde, los casos de uso describen en forma de acciones, el comportamiento del sistema desde un punto de vista del usuario; es decir, la interacción de los usuarios con el sistema, que actividades deben realizar para obtener resultados, definir límites y relaciones entre el sistema y el entorno integrado por los actores, el sistema y los propios casos de uso.

3.2. Análisis y diseño preliminar.

En esta fase se aprecian las siguientes actividades:

- Descripción de casos de uso: Se describen los casos de uso con un flujo principal de acciones y posibles flujos alternos y de excepción.
- Diagrama de Robustez: Se procede a realizar un diagrama de robustez, donde se visualiza las interacciones existentes entre los objetos participantes de un caso de uso; ayudando a identificar los objetos que participan en los mismos, y comprobar si las especificaciones del sistema son razonables.

3.3. Diseño.

Para efectuar esta fase se necesita utilizar un diagrama de secuencia y tener el modelo estático:

- Diagrama de Secuencia: Especifica el comportamiento por medio de un diagrama de secuencia; identificando mensajes entre los objetos de cada caso

de uso, utilizando los diagramas de colaboración para mostrar la interacción entre objetos.
- Completar el Modelo Estático: Se añade los detalles del diseño en el diagrama de clases y verifica si es diseño satisface todos los requisitos identificados.

3.4. Implementación y pruebas.

En la última fase de la metodología ICONIX se realizan tres actividades:

- Diagrama de Componentes: Se necesita usar un diagrama de componentes, para mostrar la distribución física de los elementos que componen la estructura interna de sistema. Este diagrama describe los elementos físicos y sus relaciones en el entorno de realización y sus opciones.
- Código: Se escribe la codificación en el lenguaje especificado.
- Realización de Pruebas: Por último, se realizan diferentes pruebas, sean estas de unidad o integración, se enmiendan los errores y se espera la aceptación por parte del usuario.

Como herramientas de desarrollo se seleccionó las siguientes: Docker que es proyecto de código abierto que proporciona un flujo de trabajo de desarrollador. Python es un lenguaje de programación de alto nivel y propósito general cuya filosofía de diseño enfatiza la legibilidad del código. Django es un framework web de alto nivel, escrito en Python, que ayuda al desarrollo rápido y a un diseño limpio y pragmático. PyMedTermino es una librería de Python que ofrece funcionalidades avanzadas para facilitar el acceso a terminologías médicas tales como SNOMED CT, ICD10, MedDRA, CDF, UMLS. MySQL que es un sistema de gestión de bases de datos, de código abierto, y sirve para estructurar datos de manera ordenada.

4. Resultados

La aplicación permite que el usuario, cargue un archivo con códigos de medicamentos y enfermedades para el caso del estándar internacional UMLS y un archivo de códigos de medicamentos para el caso del estándar nacional CNMB. Los códigos podrán ser agrupados de acuerdo con los filtros seleccionados (relaciones, terminología nacional o internacional). Luego se obtendrá como resultado la tabla con las relaciones entre enfermedades y tratamientos o viceversa, esto podrá ser descargado por el usuario.

En la figura 1 se visualiza los componentes de la aplicación. El usuario carga un archivo de códigos médicos, luego selecciona algún filtro de búsqueda. Se realiza por medio de librerías y API la conexión a las bases de datos (Nacional CNMB o Internacional UMLS). Se obtiene como respuesta la tabla de los códigos agrupados (códigos, relaciones, nombres etc.). Finalmente, el resultado de las agrupaciones podrá ser descargado por el usuario.

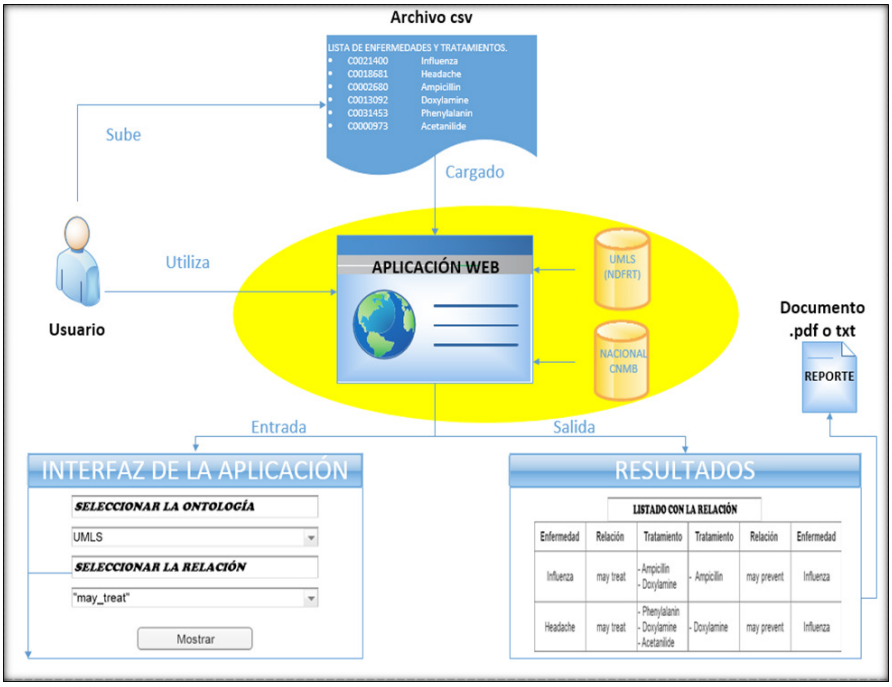


Figure 1 – Arquitectura de la Aplicación

4.1. Diseño Arquitectónico

El framework de desarrollo en el presente proyecto es Django, cuya arquitectura es template, views y models como se describe en la figura 2.

- El template se colocan todos los archivos html, es decir es la parte que observará el usuario mediante un browser.
- Los views es la parte que permite procesar la información que será mostrada en los templates.
- Finalmente está el models donde un modelo refleja una tabla en la base de datos y es de donde se obtiene la información, Django posee su propio sistema de consultas en la base de datos.
- Docker permite la portabilidad de un software, haciendo que su instalación sea sencilla y escalable. Teniendo Docker se puede instalar el software en un equipo personal o en la nube.

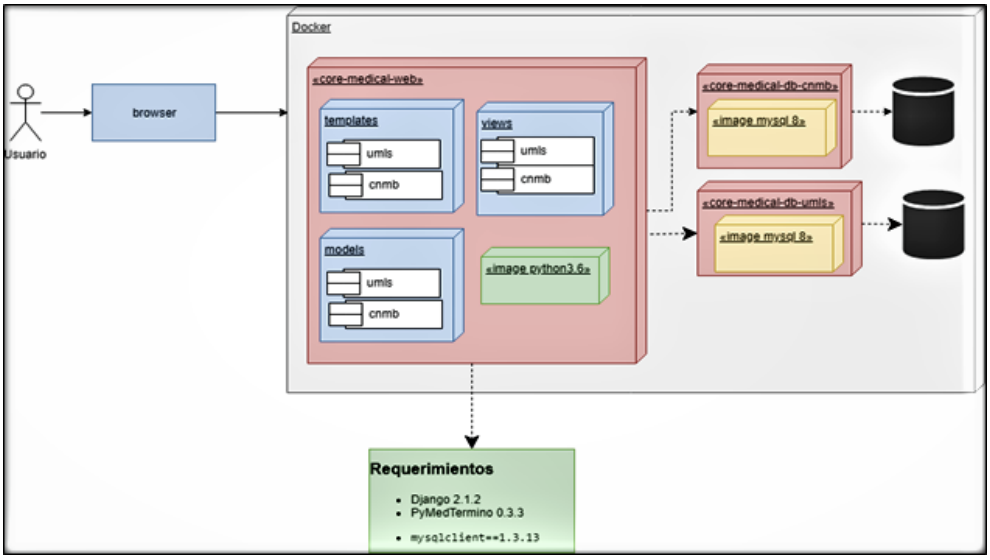


Figure 2 – Diseño Arquitectónico

4.3. Resultado de las agrupaciones

La aplicación debe permitir al usuario obtener como respuesta la relación entre una enfermedad y tratamiento o viceversa de manera automática y de acuerdo con los diferentes criterios de búsqueda que el usuario seleccione.

Una vez subido el archivo de los códigos a agrupar y de acuerdo con las diferentes opciones de búsqueda, la aplicación nos da como resultado un documento con formato pdf o txt con las relaciones **(may_treat, may_be_treated_by, may_prevent y may_be_prevented_by)** entre una enfermedad y tratamiento. Además, nos indica los respectivos códigos de la enfermedad o tratamiento con quien se relacionan y a que vocabulario pertenecen como se visualiza en la figura 3.

5. Conclusiones

El vocabulario NDF-RT incluido dentro del estándar UMLS posee un conjunto de relaciones entre enfermedades y tratamientos que podrían ser utilizados para el desarrollo de aplicaciones que deseen agrupar o agregar automáticamente enfermedades y tratamientos. Considerando el CNMB que es utilizado en el Ecuador, se puede relacionar los medicamentos ingresados utilizando la codificación CNMB con los niveles a los que dicho código corresponde.

Con la aplicación desarrollada se ayudará a los diferentes profesionales relacionados al área de la salud con la identificación automática de relaciones de entidades médicas que de hacerlo de forma manual llevaría mucho tiempo y con la posibilidad de errores. Cabe indicar que a pesar de existir el buscador UMLS que permite identificar todas las relaciones posibles de un determinado código, el resultado solo muestra las relaciones

para dicho código y no de un conjunto de códigos ingresados a la vez. Por tanto, nuestra aplicación sería la primera en encontrar relaciones (enfermedad-tratamiento) dado un conjunto de códigos médicos.

Codigo	TerminoUml	Termino	Relacion	CodigoRelaci	TerminoRelacion	Terminologia
C0042313	vancomycin	Vancomycin	may_treat	C0038160	Staphylococcal Infections	NDFRT ATC
C0040165	thyroxine_.levothyroxine.	L-3,5,3',5'-Tetraiodothyronine	may_prevent	C0020676	Hypothyroidism [Disease/Finding]	NDFRT
C0040165	mucomyst	L-3,5,3',5'-Tetraiodothyronine	may_prevent	C0020676	Hypothyroidism [Disease/Finding]	NDFRT
C0700452	enalapril_maleate	Enalapril Maleate	may_treat	C0018802	Heart Failure [Disease/Finding]	NDFRT
C0700452	enalapril_maleate	Enalapril Maleate	may_prevent	C0149721	Left Ventricular Hypertrophy	NDFRT
C0002645	amoxicillin	Amoxicillin [Chemical/Ingredient]	may_treat	C0042029	Urinary Tract Infections [Disease/Finding]	NDFRT ATC
C0007559	ceftazidime	Pyridinium, 1-((7-(((2-amino-4-thia	may_treat	C0042029	Urinary Tract Infections [Disease/Finding]	NDFRT ATC
C0007559	ceftazidime	Pyridinium, 1-((7-(((2-amino-4-thia	may_treat	C0038160	Staphylococcal Infections	NDFRT ATC
C0007561	ceftriaxone	CEFTRIAXONE	may_treat	C0042029	Urinary Tract Infections [Disease/Finding]	NDFRT ATC
C0007561	ceftriaxone	CEFTRIAXONE	may_treat	C0038160	Staphylococcal Infections	NDFRT ATC
C0008947	clindamycin	Chlorlincocin	may_treat	C0038160	Staphylococcal Infections	NDFRT ATC
C0014806	erythromycin	Erythromycin A	may_treat	C0038160	Staphylococcal Infections	NDFRT ATC
C0052796	azithromycin	AZITHROMYCIN	may_treat	C0038160	Staphylococcal Infections	NDFRT ATC
C0546866	gentamicin_sulfate_.usp.	GENTAMICIN SULFATE	may_treat	C0042029	Urinary Tract Infections [Disease/Finding]	NDFRT
C0546866	gentamicin_sulfate_.usp.	GENTAMICIN SULFATE	may_treat	C0038160	Staphylococcal Infections	NDFRT
C0546866	gentamicin_sulfate_.usp.	GENTAMICIN SULFATE	may_treat	C0036690	Blood Poisoning	NDFRT
C0302583	iron	IRON	may_treat	C0162316	Anemia, Iron-Deficiency	NDFRT
C0302583	iron	IRON	may_prevent	C0162316	Anemia, Iron-Deficiency	NDFRT
C0037494	sodium_chloride	Sodium Chloride	may_treat	C0011175	Dehydration	NDFRT ATC
C0037494	sodium_chloride	Sodium Chloride	may_prevent	C0011175	Dehydration	NDFRT ATC
C0017725	glucose	DEXTROSE	may_treat	C0020615	Hypoglycemia [Disease/Finding]	NDFRT ATC
C0019134	heparin	HEPARIN	may_treat	C0002965	Angina, Preinfarction	NDFRT ATC
C0019134	heparin	HEPARIN	may_treat	C0034065	Embolism, Pulmonary	NDFRT ATC
C0019134	heparin	HEPARIN	may_prevent	C0034065	Embolism, Pulmonary	NDFRT ATC
C0039771	theophylline	Theophylline	may_treat	C0004096	Asthma [Disease/Finding]	NDFRT ATC
C0039771	theophylline	Theophylline	may_treat	C0006277	Bronchitis	NDFRT ATC
C0002965	unstable_angina_.angina._unstable.	Angina, Preinfarction	may_be_treated_by	C0019134	HEPARIN	NDFRT
C0004096	asthma	Asthma [Disease/Finding]	may_be_treated_by	C0039771	Theophylline	NDFRT
C0004096	asthma	Asthma [Disease/Finding]	may_be_prevented_by	C0117996	FLUTICASONE PROPIONATE	NDFRT
C0006277	bronchitis	Bronchitis	may_be_treated_by	C0039771	Theophylline	NDFRT
C0011175	dehydration	Dehydration	may_be_treated_by	C0037494	Sodium Chloride	NDFRT
C0011175	dehydration	Dehydration	may_be_prevented_by	C0037494	Sodium Chloride	NDFRT
C0014544	epilepsy	Epilepsy [Disease/Finding]	may_be_treated_by	C0060926	gabapentin [Chemical/Ingredient]	NDFRT
C0017168	gastroesophageal_reflux_disease	Esophageal Reflux	may_be_treated_by	C0591789	MILK OF MAGNESIA [VA Product]	NDFRT
C0018802	congestive_heart_failure	Heart Failure [Disease/Finding]	may_be_treated_by	C0025854	6-Quinazolinesulfonamide, 7-chloro-1,2,3,4	NDFRT
C0018802	congestive_heart_failure	Heart Failure [Disease/Finding]	may_be_treated_by	C0017887	1,2,3-Propanetriol, trinitrate	NDFRT
C0018802	congestive_heart_failure	Heart Failure [Disease/Finding]	may_be_treated_by	C0076840	1-isopropyl-3-((4-(3-methylphenylamino)py	NDFRT
C0018802	congestive_heart_failure	Heart Failure [Disease/Finding]	may_be_treated_by	C0126174	Losartan	NDFRT
C0018802	congestive_heart_failure	Heart Failure [Disease/Finding]	may_be_treated_by	C0020223	Apressin	NDFRT
C0018802	congestive_heart_failure	Heart Failure [Disease/Finding]	may_be_treated_by	C0037982	Verospirone	NDFRT
C0018802	congestive_heart_failure	Heart Failure [Disease/Finding]	may_be_treated_by	C0700452	Enalapril Maleate	NDFRT
C0018802	congestive_heart_failure	Heart Failure [Disease/Finding]	may_be_treated_by	C0022860	Labetalol [Chemical/Ingredient]	NDFRT
C0018802	congestive_heart_failure	Heart Failure [Disease/Finding]	may_be_treated_by	C0012265	Digoxin	NDFRT
C0018802	congestive_heart_failure	Heart Failure [Disease/Finding]	may_be_prevented_by	C0012265	Digoxin	NDFRT
C0020538	hypertensive_disease	Blood Pressure, High	may_be_treated_by	C0025854	6-Quinazolinesulfonamide, 7-chloro-1,2,3,4	NDFRT
C0020538	hypertensive_disease	Blood Pressure, High	may_be_treated_by	C0076840	1-isopropyl-3-((4-(3-methylphenylamino)py	NDFRT
C0020538	hypertensive_disease	Blood Pressure, High	may_be_treated_by	C0126174	Losartan	NDFRT
C0020538	hypertensive_disease	Blood Pressure, High	may_be_treated_by	C0037982	Verospirone	NDFRT
C0020615	hypoglycemia	Hypoglycemia [Disease/Finding]	may_be_treated_by	C0017725	DEXTROSE	NDFRT

Figura 3 – Resultados de la Aplicación

Para trabajos futuros se podría incluir otras relaciones como por ejemplo enfermedad-enfermedad, medicamento-medicamento, enfermedad-síntomas. Además, la aplicación puede ser ampliada a otros códigos registrados en UMLS, para lo cual, se deberá identificar las relaciones definidas para las entidades que se desea agrupar.

Cabe indicar que la herramienta al permitir agrupar enfermedades y tratamientos también podría servir de base para otras aplicaciones o tareas. Se podría modificar o ampliar la aplicación para que se pueda visualizar los tratamientos que se han dado a una determinada enfermedad y síntomas. Esto lo podría utilizar un médico como consulta y apoyo para encontrar tratamientos para un nuevo paciente.

Referencias

Ahmadian L, van Engen-Verheul M, Bakhshi-Raiez F, Peek N, Cornet R, de Keizer NF. (2011). The role of standardized data and terminological systems in computerized clinical decision support systems: Literature review and survey. *Int J Med Inform, 802*, 81–93.

CONASA. (2014). Comisión Nacional de Medicamentos e Insumos. *Cuadro Nacional de Medicamentos Básicos y Registro Terapéutico*. [Internet]. Recuperado de http://www.conasa.gob.ec/

Roman-Ferri, MT., Palomar, M. (2008). Análisis de terminologías de salud para su utilización como ontologías computacionales en los sistemas de información clínicos. *Gaceta Sanitaria*, 22: 421-433.

National Library of Medicine (US). (2009). *UMLS® Reference Manual* [Internet]. Recuperado de https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK9684/

U.S. Department of Veterans Affairs, Veterans Health Administration (2015). *National Drug File – Reference Terminology*. [Internet]. Recuperado de http://evs.nci.nih.gov/ftp1/NDF-RT/NDF-RT%20Documentation.pdf

WHO Collaborating Centre for Drug Statistics Methodology. (2018). *Guidelines for ATC classification and DDD assignment 2019*. [Internet]. Recuperado de

Zheng, L., Yumak, H., Chen, L., Ochs, C., Geller, J., Kapusnik-Uner, J., Perl, Y. (2017). Quality assurance of chemical ingredient classification for the National Drug File - Reference Terminology. *J. Biomed. Inform*, 73 (2017), pp. 30-42

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 14/09/2019
Aceitação/Acceptance: 19/11/2019

Mecanismos de Gerenciamento de Aplicações em Centrais de Dados

Alessandro Kraemer[1], André Luiz Satoshi Kawamoto[1], Rodrigo Hübner[1]

kraemer@utfpr.edu.br, kawamoto@utfpr.edu.br, rodrigohubner@utfpr.edu.br

[1] Universidade Tecnológica Federal do Paraná,Via Rosalina Maria dos Santos, 1233, 87301-899, Campo Mourão Brasil

Pages: 247–260

Resumo: Centrais de Dados têm sido cada vez mais utilizadas para o processamento de aplicações, as quais podem ser, *grosso modo*, classificadas em Aplicações em Nuvem e HPC (High Processing Computing). O Sistema Gerenciador de Tarefas e Recursos de uma central de dados tem a função de coordenar plataformas de computação e monitorar o ambiente. Cada plataforma de computação recebe aplicações e as executa de maneira organizada. Esse é o mecanismo geral de uma central de dados. Entretanto, centrais de dados comerciais utilizam mecanismos mais complexos. O presente artigo detalha diversas centrais de dados, oportunizando uma visão organizada de como esses sistemas comerciais funcionam. A relevância desse estudo reside tanto nos aspectos técnicos quanto no conhecimento técnico, além da descoberta de desafios na área. Também, diversas oportunidades de pesquisa neste campo são apontadas.

Palavras-chave: computação em nuvem; computação de alto desempenho; central de dados.

Application Management Mechanisms in Datacenters

Abstract: Datacenters are increasingly being used for application processing, which can be roughly classified into Cloud and High Processing Computing (HPC) Applications. The Resource Job and Management System of a datacenter coordinates computing platforms and monitors the environment. Each computing platform receives applications and runs them in an organized way. This is the general mechanism of a datacenter. However, enterprise datacenters use more complex mechanisms. This paper details certain Datacenters, providing an organized view on how enterprise systems work. The relevance of this study lies both in technical aspects and scientific knowledge, as well as the identification of demands in the area. We also point out several research opportunities in this area.

Keywords*:* cloud computing; high performance computing; datacenter.

1. Introdução

A crescente demanda por processamento e análise de dados que vem ocorrendo em todas as áreas do conhecimento tem sido atendida por plataformas de computação em larga escala, caracterizadas por uma ampla lista de recursos computacionais e capacidade de gerenciamento de aplicações diversas.

Plataformas de computação em larga escala são usualmente implantadas em centrais de dados. Nelas, são executados sistemas de administração de negócios por meio de serviços de software em máquinas virtuais; serviços de Internet, como e-mail e páginas web para diversas finalidades; computação de alto desempenho para áreas como Biologia e Engenharias, por meio de acesso a arcabouços e suas bibliotecas de programação; processamento de dados para aplicações de experimentação científica da Ciência da Computação, por meio de instâncias de cenários de sistemas distribuídos, entre outros.

Há um significativo número de trabalhos na literatura apresentando modelos de gerenciamento de aplicações em plataformas de computação em larga escala. A eficiência desses modelos é determinada por objetivos como a maximização de uso dos recursos computacionais (Yarmolenko & Sakellariou, 2006), a maximização do número de aplicações aceitas (Barquet et al., 2013), entre outros. Essas otimizações são usualmente implantadas nos escalonadores de aplicação das plataformas de computação. Tendo em vista que o processamento de aplicações em plataformas pode ser pago à Central de Dados, essas otimizações são importantes, porque podem reduzir custos dos usuários e otimizar o lucro do provedor (Simarro et al., 2011; Mao & Humphrey, 2011). Entretanto, muitas vezes o ganho não é mútuo.

A principal contribuição deste trabalho é um estudo a cerca de diversas plataformas de computação em larga escala (Grid'5000, Google, Yahoo, eBay, Twitter, Facebook e Alibaba), mostrando seus mecanismos internos, bem como a maneira que as aplicações são tratadas nessas centrais.

Esse artigo está organizado da seguinte forma: na Seção 2 são apresentadas características de centrais de dados, assunto fundamental. Na Seção 2.1 é apresentada uma comparação entre plataformas HPC e de computação em nuvem em centrais de dados, na Seção 3 são mostrados exemplos de Sistemas Gerenciadores de Tarefas e Recursos (*Resource Job and Management System* - RJMS) comerciais; Na Seção 4 é definido o conceito de Acordo de Nível de Serviço (*Service Level Agreement* – SLA); na Seção 5 é discutida a importância do escalonamento de aplicações no contexto de centrais de dados; na Seção 6 são identificadas oportunidades de pesquisa na área e, finalmente, na Seção 7, as Considerações Finais e Trabalhos Futuros.

2. Características de Centrais de Dados

Em alto nível, uma Central de Dados é caracterizada em alto nível como um sistema de computação em larga escala que visa executar uma diversidade de tipos de aplicações (Iglesias et al., 2014). Centrais de dados podem conter milhares de servidores formando uma complexa rede de aglomerados de computadores (Lui & Cho, 2012). O uso e gerenciamento eficiente dos seus recursos computacionais para processamento de

aplicações tem sido tratado como tarefa desafiadora pela literatura científica (Reiss et al., 2012; IBM, 2009).

Aplicações em centrais de dados podem ser muito distintas, sendo grosseiramente divididas em dois grupos:

- Serviços de nuvem: consiste de aplicações distribuídas em larga escala para processamento de e-mail, editoração de documentos online, comércio eletrônico, armazenamento de dados, aluguel de máquinas virtuais e outras. Essas aplicações são usualmente executadas em ambientes virtualizados e/ou dentro de containers, onde recursos computacionais são disponibilizados conforme a necessidade de cada aplicação;
- Computação de Alto Desempenho (*High Performance Computing* - HPC): consiste usualmente de aplicações de computação intensiva como processamento de imagens, simulação numérica e outras similares. Uma aplicação HPC é usualmente executada em ambientes não virtualizados, para evitar a sobrecarga da virtualização e também para que sua execução seja mais previsível para análises científicas.

Centrais de dados frequentemente particionam sua infraestrutura para implantar plataformas separadas de nuvem e de HPC, atendendo assim demandas por processamento vindas de diversos tipos de aplicações de usuários. Uma partição é formada por recursos físico-computacionais, como número de processadores, disco rígido e memória RAM. Dessa forma, aplicações podem ser submetidas para a partição que contém o arcabouço necessário e os recursos físicos mais apropriados. Nesse contexto, um único supercomputador pode ser utilizado para manter plataformas de computação em nuvem e de HPC em separado (Badia et al., 2013).

Centrais de Dados como a do Google e do Grid'5000[1] possuem comportamento dinâmico em relação ao número de plataformas instanciadas. Do ponto de vista de seu escalonador, uma plataforma de computação em nuvem ou de HPC é também uma aplicação com tempo de processamento pré-estabelecido, que muitas vezes pode ser também estendido após iniciado, cuja execução consiste em definir uma partição, implantar uma plataforma e implantar um ou mais arcabouços para tarefas de aplicações. O arcabouço é o software que dá suporte ao tipo de aplicação. Hadoop MapReduce e MPI (*Message Passing Interface* - Interface de Passagem de Mensagem) são exemplos de arcabouços.

Com o objetivo de detalhar uma arquitetura de central de dados onde as plataformas são instanciadas e recebem aplicações, apresenta-se a Figura 1. Essa arquitetura foi identificada com base nos documentos públicos do Google (Reiss et al., 2011) e do Grid'5000, os quais possuem mecanismos similares.

A submissão de aplicações à central de dados é feita por três requisitores de recursos, representados na Figura 1 como sistema de requisição de plataformas; aplicações de engenheiros e cientistas; e muitos tipos de aplicações de usuários externos. Uma central de dados possui no mínimo uma fila de espera para atender aplicações desses requisitores.

[1] https://www.grid5000.fr/.

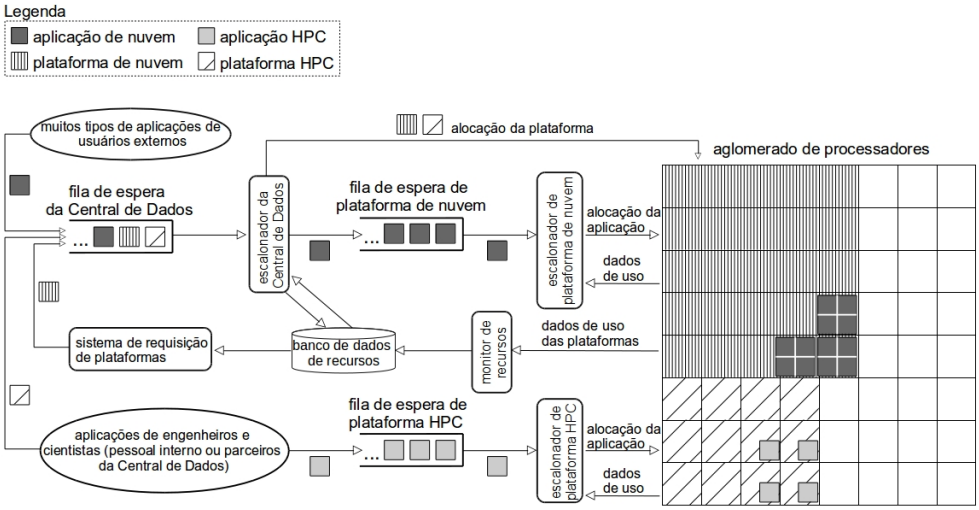


Figura 1 – Fluxo de dados dentro da arquitetura de uma Central de Dados com plataformas HPC e de computação em nuvem

Aplicações do tipo plataforma são requisitadas por sistemas internos da Central de Dados, tal como o sistema de requisição de plataformas, visando atender a demanda por processamento. Assim, os serviços de nuvem são tratados de maneira dinâmica e otimizada. Plataformas de nuvem que atendem muitos tipos de aplicações de usuários externos possuem longo tempo de duração e maior prioridade. Instâncias de plataformas HPC são requisitadas como sendo aplicações por engenheiros e cientistas parceiros da Central de Dados. Esses parceiros possuem acesso direto a plataformas que requisitaram, o que lhes permite melhor observação científica e reconfiguração de seus subsistemas.

O sistema torna-se operacional após a instanciação das plataformas. Aplicações submetidas à Central de Dados são inicialmente armazenadas em uma fila de espera. Em seguida, o escalonador coleta aplicações dessa fila e processa uma estratégia de escalonamento para indicar onde (i.e. quais processadores) e quando as tarefas da aplicação devem ser executadas. Os recursos computacionais disponíveis e o estado atual das outras tarefas de aplicações já escalonadas são dados úteis à tomada de decisão do escalonador. O elemento responsável pelo monitoramento e armazenamento desses dados é o monitor de recursos.

O escalonamento de aplicações realizado pelo escalonador da Central de Dados pode resultar na implantação de plataformas HPC e de nuvem em um mesmo supercomputador, como representado na Figura 1 pelo aglomerado de processadores. O papel desse escalonador também é redirecionar aplicações de nuvem a partir da sua fila de espera para outras filas de espera de plataformas de nuvem com capacidade para atender os requisitos de software e hardware.

Usualmente, cada plataforma instanciada tem seu próprio escalonador e sua própria fila de espera. Um escalonador coleta aplicações da sua fila e determina o escalonamento dentro do seu domínio de processadores. Para tomada de decisão sobre alocação, o escalonador considera dados de uso desses processadores. Na figura, observa-se que aplicações de nuvem e de HPC podem ser organizadas de maneira diferente em cada plataforma.

2.1. Comparação entre Plataformas HPC e de Nuvem

Plataformas HPC e de computação em nuvem possuem objetivos distintos, embora possam utilizar a mesma infraestrutura computacional. Plataformas HPC são usualmente implantadas em computadores homogêneos. A homogeneidade reduz a complexidade da parametrização exigida pelo sistema, onde usuários necessitam determinar os recursos requisitados e o tempo de execução nesses recursos. Enquanto isso, em plataformas de nuvem é usual o envolvimento de computadores heterogêneos de redes privadas e aglomerados de computadores, cada qual com sua homogeneidade, o que torna mais complexa a previsão de tempo de execução.

As principais características de plataformas de nuvem são definidas na norma ISO/IEC 17788. A Tabela 1 apresenta as características descritas nessa norma e as compara com características de plataformas HPC.

Di et al. (2012) observaram características de nuvem e de HPC sob o ponto de vista prático, envolvendo a Central de Dados do Google e alguns *grids* HPC. Segundo eles, 80% das aplicações em nuvem duram menos que 1000 segundos, enquanto em HPC esse tempo costuma ser maior; cerca de 94% das aplicações em nuvem possuem tempo de execução inferior a 3 horas; o Google possui uma frequência muito maior e regular de aplicações que chegam em comparação aos *grids*, sendo 552 submissões por hora em média, enquanto nos *grids* observados esse número varia entre 8 e 126; em nuvem, a ampla maioria das aplicações requer somente um processador e o seu conjunto de tarefas é organizado em sequência; a variação da carga da CPU no Google é cerca de 20 vezes maior que o observado nos *grids*, haja visto a diversidade de aplicações de múltiplos usuários sendo processadas em modo *time-sharing*; em nuvem o nível de utilização da CPU é em geral menor que o nível de utilização da memória RAM, enquanto em HPC foi observado o oposto disso.

Característica	Nuvem	HPC
serviço sob demanda	orientada a serviços, onde o provedor de um serviço pode ser um software (Software as a Service - SaaS), uma plataforma (Platform as a Service - PaaS), ou uma infraestrutura (Infrastructure as a Service - IaaS). Um usuário negocia um serviço com o provedor e pode ampliar/reduzir as necessidades de recursos sob demanda. Interfaces de usuários são providas para facilitar o acesso e o gerenciamento dos serviços.	orientada a aplicação, pode exigir uma complexa parametrização para uso dos seus recursos computacionais e existem poucas facilidades de utilização do sistema.

Característica	Nuvem	HPC
múltiplos recursos para múltiplos usuários	usuários podem utilizar recursos com base em uma longa lista de opções, como arcabouços, bibliotecas de programação, hardware virtual, entre outros. Recursos virtualizados de múltiplos usuários podem compartilhar um mesmo recurso físico, como ocorre com threads no modo de processamento time-sharing.	recursos são reservados exclusivamente para cada usuário, com base em agendamento. O processamento em time-sharing também pode ser habilitado em HPC, mas esse mecanismo não é frequentemente utilizado, devido ao seu impacto na complexidade das análises matemáticas normalmente considerada por seus usuários.
elasticidade rápida	pode redimensionar os recursos utilizados pelas aplicações, a fim de cumprir um ocordo SLA, tal como aumentar a fatia de tempo de uso da CPU para reduzir o tempo de resposta.	podem gerenciar SLAs e a elasticidade também pode ser aplicada. Entretanto, o limite de tempo para uma aplicação é frequentemente longo e pode ser estendido quando reconfigurado com antecedência. Nesse contexto, a elasticidade de recursos não é um mecanismo essencial.
medição de serviços	a utilização de recursos é medida e pode ser cobrada do usuário. O usuário também pode monitorar e limitar o uso dos recursos, controlando assim o que é cobrado.	recursos de computação também podem ser mensurados, mas não existe frequentemente uma política que garanta a Qualidade de Serviço e o valor pago por isso. Ainda em HPC, todas as aplicações em execução são removidas quando a sessão do usuário alcança seu limite de tempo pré-estabelecido.
multi-inquilinato	existem acordos visando isolação, SLA e um modelo de negócios, especialmente em nuvens públicas, as quais habilitam acordos entre usuários e provedores. Multi-inquilinato garante o acordo em todos os níveis do serviço.	acordos também podem ser aplicados, mas a contabilização de créditos e garantias de reserva de recursos nas várias camadas de software não são práticas comuns.

Tabela 1 – Comparação de características de nuvem e de HPC em centrais de dados.

Essas características de HPC mostram que esse ambiente está focado na ciência da aplicação, no teste de produtos de softwares, por exemplo, onde os cientistas precisam avaliar o consumo de recursos pela aplicação e o impacto dela no sistema. Para essas avaliações, muitas camadas de software e mecanismos de controle podem tornar o modelo matemático mais complexo, e a ciência disso depende do formalismo matemático.

3. Sistemas Gerenciadores de Tarefas e Recursos

Com o intuito de explorar implementações de RJMS, nesta seção são apresentadas algumas características de Centrais de Dados bem conhecidas. Um resumo das principais características é apresentado na Tabela 2.

A plataforma para experimentação científica Grid'5000 utiliza o RJMS OAR (Margery et al., 2014). No OAR, cada computador está associado a um conjunto de propriedades. Um escalonador global determina uma partição com os recursos computacionais e implanta o modelo de plataforma requisitado pelo usuário. A plataforma instanciada possui seu próprio escalonador, o qual é usualmente independente do escalonador global. Recursos podem estar distribuídos em rede e cada sessão de usuário possui sua própria VLAN (Virtual Local Area Network - Rede Local Virtual). Os usuários também podem escolher quando os recursos devem ser alocados e a experimentação inicia sem sua intervenção. Esse mecanismo é conhecido como Reserva Antecipada de Recursos. Por fim, a descrição e o monitoramento dos recursos computacionais utilizados ficam disponíveis em um repositório git para consulta do usuário.

Os engenheiros do Google desenvolveram o *Omega Management System* (Schwarzkopf et al., 2013), o qual possui um escalonador de dois níveis que distribui aplicações a partir de um escalonador global para escalonadores de outras plataformas. Cada instância de plataforma tem a visão global do estado de todas as demais instâncias do domínio. Esse modelo é conhecido como Estado Compartilhado. A maior parte dos recursos computacionais é reservada para executar aplicações de maior prioridade, enquanto os recursos restantes são utilizados pelas aplicações de menor prioridade.

O Yahoo e o eBay utilizam a plataforma Apache Hadoop YARN (*Yet Another Resource Negotiator* - Ainda Outro Negociador de Recursos) (Vavilapalli et al., 2013). YARN é composto por dois componentes principais: um gerenciador de recursos e muitos gerenciadores locais. O gerenciador de recursos mantém uma fila de capacidades com aplicações executando e aplicações pendentes. Com base nesses dados, os recursos são negociados com os gerenciadores dos arcabouços locais. Os arcabouços lançam aplicações em BSP (*Bulk-Synchronous Parallel* - Sincronização Paralela em Massa) ou MapReduce, e mantêm o gerenciador de recursos informado sobre os detalhes da execução.

O Twitter utiliza a plataforma Mesos (Hindman et al., 2011). Mesos contém um componente chamado Mestre, o qual mantém um escalonador para cada tipo de arcabouço, como o Hadoop e o MPI (*Message Passing Interface* – Interface de Passagem de Mensagem). As aplicações são distribuídas para componentes chamados Escravos, usando como critério o tipo da aplicação e seus recursos requisitados. Ambos os arcabouços podem ser instalados no mesmo computador e são acionados de acordo com a decisão do Mestre. Uma vez que a aplicação é transferida de domínio, cada escalonador local toma suas próprias decisões.

O Facebook utiliza a plataforma Corona (Facebook, 2012). No Corona existem dois níveis de escalonadores: o escalonador do primeiro nível é chamado de Gerenciador do Aglomerado, o qual distribui aplicações para os chamados Job Trackers sem monitorar execuções; e o segundo nível é formado por Job Trackers. Um Job Tracker gerencia o seu próprio aglomerado de processadores e monitora o progresso das suas aplicações. Cada computador do aglomerado é conhecido como Task Tracker. O *Grid* do Facebook está dividido em aglomerado para aplicações longas e aglomerado para aplicações curtas.

Central de Dados	RJMS	Arquitetura	Método de previsão	Classificador	Ajuste on-line de recursos
Grid'5000	OAR	Monolítico	O usuário indica o recurso necessário	Não há	Não
Google	Omega	Estado compartilhado	Análise de histórico de aplicações similares	Número de prioridade; Classificação por longo ou curto tempo de processamento	Sim
Yahoo, eBay	YARN	Dois Níveis	Identificação em tempo de execução	-	Sim
Twitter	Mesos	Dois Níveis	Regressão lógica por aprendizado de máquina	Número de prioridade	Não
Facebook	Corona	Dois Níveis	-	Número de prioridade; Classificação por longo ou curto tempo de processamento	Sim
Alibaba	Fuxi	Monolítico	Indicação do sistema emissor da aplicação	Número de prioridade; leve (fácil de reiniciar) ou rígida	Sim

Tabela 2 – Comparação de características de escalonadores em Centrais de Dados

O Alibaba utiliza o escalonador chamado Fuxi (Zhang et al., 2014). As aplicações no Fuxi podem conter sua própria especificação de recursos. Existe um componente chamado Fuxi Master, que marca as aplicações como rígidas ou leves. O estado leve indica que a aplicação pode ser reiniciada para garantir recursos para outra aplicação. Também existem agentes de software para monitorar o funcionamento e o estado dos arcabouços em cada aglomerado. Uma aplicação pode utilizar mais de um aglomerado ao mesmo tempo. Por fim, a reserva de recursos feita por uma aplicação pode ser reaproveitada por outra aplicação, o que reduz o tempo total gasto por elas no sistema, pois não precisam aguardar por recursos.

A partir dessa revisão, observa-se que na arquitetura de centrais de dados há um escalonador principal que distribui aplicações para escalonadores de plataformas. A decisão sobre qual plataforma recebe a aplicação ocorre por meio de análise das características da aplicação e da previsão dos recursos que ela consome. Com isso, o escalonador principal envia a aplicação para a plataforma que pode atender os requisitos de hardware e software. Por vezes, devido a circunstâncias de compartilhamento de recursos por várias aplicações e acordos entre usuário e provedor, o uso de recursos precisa ser priorizado para determinados tipos de aplicação, para que terminem no seu tempo previsto. Esse ajuste de uso de recursos é feito online em algumas centrais de dados, ou seja, durante a execução. Um exemplo de ajuste é o aumento de tempo de

uso da CPU, o que acelera o processamento. Aplicações com menor prioridade, onde a relação custo-benefício não é relevante para justificar o ajuste online, são deixadas em segundo plano no aguardo de liberação de recursos ou são simplesmente despejadas e reinicializadas. Para evitar o ajuste online, a plataforma Grid'5000, por exemplo, atribui o dobro do tempo previsto para processamento de cada aplicação. Se de um lado isso evita o ajuste online, por outro, abrem-se intervalos de tempo ocioso no plano de escalonamento das aplicações, que pode ser interpretado como desperdício de recursos. Essas situações de escalonamento ocorrem frequentemente.

4. Acordos e Objetivos de Nível de Serviço

O uso de um Acordo de Nível de Serviço (*Service Level Agreement* - SLA) é uma prática comum para definir um contrato entre duas partes em ambientes de nuvem. Institutos como ISO (*International Organization for Standardization* - Organização Internacional para Padronização), NIST (*National Institute of Standards and Technology* - Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia) e C-SIG (*Cloud Select Industry Group* - Grupo da Indústria Selecionada de Nuvem) fazem esforços para definir termos, mecanismos e métricas a SLA.

A fim de apresentar conceitos relativos a SLA, apresentam-se a seguir as fases desse mecanismo envolvendo computação orientada a serviços, de acordo com Wieder et al. (2011). Na 1ª fase ocorre o processo de elaboração de uma oferta de SLA contendo os requisitos da aplicação. Cada requisito de recurso é chamado SLO (*Service Level Objectives* - Objetivos de Nível de Serviço).

Na 2ª fase ocorre o processo de negociação entre o usuário e o provedor do serviço. Em geral, os principais SLOs da oferta SLA são definidos pelo sistema propositor do usuário e os demais são definidos pelo negociador e criador de modelos de SLA do provedor. Entendem-se como SLOs principais os referentes ao número de processadores e memória requisitados. Um exemplo de SLO definido pelo provedor consiste na limitação do número de submissão de aplicações por unidade de tempo. A 2ª fase encerra quando o provedor aceita a oferta. Caso negativo, realiza-se uma contraoferta. Para esta decisão, o provedor toma como base os modelos de SLA existentes e a disponibilidade de tais recursos sem violação dos SLOs. Novos modelos de SLA são construídos pelo provedor a todo momento, que torna o processo de negociação mais ágil para novos acordos.

A 3ª fase e a 4ª fases consistem respectivamente no provedor disponibilizar os recursos e manter o serviço acordado. A partir da disponibilização dos recursos, a aplicação é executada pelo provedor e o cumprimento do SLA é monitorado. Um SLA preventivo é determinado pelo provedor para antecipar-se à violações.

Na 5ª fase, o mantenedor do serviço SLA acordado analisa dados do SLA preventivo para tomar ações de elasticidade. Isso ocorre com o objetivo de melhorar o desempenho da aplicação e evitar violações. Essas medidas são conhecidas como ações de avaliação e correção.

Na 6ª fase, o serviço é finalizado e ocorrem as decomissões. Exemplos de decomissões são: incluir créditos na carteira do usuário devido ao descumprimento do SLA pelo provedor; cobrar mais do usuário porque a frequência de submissão de aplicações por

unidade de tempo foi maior que o acordado, desde que essa cobrança também tenha sido previamente habilitada no acordo.

Um documento SLA contém termos funcionais e não-funcionais estabelecidos por um complexo processo de negociação (Koller, 2010). Termos funcionais definem atributos sobre a infraestrutura computacional, tais como número de processadores, quantidade de memória que pode ser alocada e vários outros. Enquanto isso, termos não-funcionais envolvem desempenho, disponibilidade, segurança e outros. Mais detalhes sobre SLA podem ser observados na especificação geral de SLA desenvolvida por Freitas et al. (2011); no resumo de termos definidos por Wu et al. (2011) para SLAs em nuvem; e na proposta de SLA para plataformas HPC desenvolvida por Koller (2010).

5. Discussão

O objetivo de uma central de dados é realizar o processamento de aplicações diversas. Para tanto, o sistema dessas centrais considera dados sobre aplicações e processadores. O papel da organização das aplicações nos processadores é desempenhado pelo escalonador. Aplicações podem conter mais de uma tarefa, podendo ser escalonadas para execução em mais de um processador, de acordo com a flexibilidade do paralelismo e do gerenciamento de memória utilizado. O relacionamento que existe entre as tarefas tem impacto na distribuição delas, pois é necessário considerar as dependências.

Processadores em sistemas de computação de larga escala são organizados em partições, onde geralmente mantêm-se conjuntos de processadores com características homogêneas, tal como a mesma velocidade de processamento. Isso facilita a medição de uso dos recursos, que também contribui à tomada de decisão de escalonamento de aplicação pelo escalonador.

O tempo de resposta de aplicação é utilizado para determinar métricas em estratégias de escalonamento. Em plataformas de nuvem, as métricas relacionadas com tempo de resposta são preferidas porque envolvem contratos de SLA. Estratégias envolvendo nuvem e SLA visam diminuir o número de recursos por meio de escalonamento do maior número de aplicações possível nesses recursos.

Dada a variedade de características de aplicações e de partições existentes em centrais de dados, existe um amplo campo para pesquisas objetivando a elaboração de estratégias de escalonamento.

6. Possibilidades de Pesquisa

Há uma crescente busca por otimizações em computação em nuvem e muitas propostas de HPC têm sido utilizadas como base para isso, haja visto que a mesma infraestrutura computacional pode ser utilizada por ambas as plataformas, como discutido na Seção 2. Como exemplo, os autores Paware & Wagh (2013) desenvolveram uma estratégia para minimizar o tempo de completude de tarefas em nuvem. Diversos outros trabalhos foram destacados por Singh & Singh (2013) em um levantamento da literatura. Não menos importante, algumas inovações trazidas pelo modelo de negócio em nuvem foram transportadas para HPC, como é o caso do trabalho de Koller (2010) sobre a implantação

de SLA. A fim de destacar alguns desafios em aberto em escalonamento de aplicações, lista-se a seguir um levantamento com base em publicações na área:

- *Escalonamento considerando extensão de recursos locais para dentro da nuvem:* sistemas de computação externos à Central de Dados, como aplicações em aglomerado de máquinas privadas, ou aplicações comerciais com poucas máquinas dedicadas, podem migrar suas aplicações para dentro de uma nuvem como forma de estender seus recursos locais. Devido à cobrança pelo serviço da nuvem contratado, os sistemas externos buscam escalonar o máximo de aplicações nos processadores locais e migrar o mínimo possível para a nuvem. Sefraoui et al. (2015) explora este tema.
- *Cooperação e escalonamento em sistemas federados:* a cooperação entre grids como forma de estender recursos locais tem sido um mecanismo bastante explorado em arquiteturas de sistemas de computação em larga escala. Usualmente, a migração de aplicações entre grids é acordada antecipadamente pelo RJMS de ambos os grids envolvidos. Entre plataformas de nuvem, essa cooperação é importante, pois garante mais recursos para aplicações, a fim de evitar violações de SLA. Complementarmente, os aspectos tecnológicos que definem a cooperação e as circunstâncias vantajosas do escalonamento delineiam uma área de pesquisa desafiadora. Alguns trabalhos relacionados com este tema são apresentados por Perez-Menez et al. (2014).
- *Estratégias multidimensionais envolvendo previsão de tempo de resposta e consumo de energia:* estratégias de previsão de tempo de resposta dependem dos requisitos das aplicações e da infraestrutura da Central de Dados (Pore et al., 2015). Há diversos mecanismos envolvidos entre a chegada da aplicação e a disponibilização do serviço requisitado por ela. Frequentemente o tempo de resposta é negligenciado pelos atrasos entre os diferentes estados da aplicação no sistema. Observa-se que ocorre consumo de energia durante todo esse processo. Ao mesmo tempo em que objetiva-se reduzir o tempo de resposta, há uma busca crescente por estratégias de redução de consumo de energia. Há um vasto campo nesta área. Sugere-se o trabalho de Pore et al. (2015) para entendimento deste tema.
- *Organização de tarefas de aplicações em máquinas virtuais:* uma ou mais aplicações podem ser relacionadas para cada máquina virtual, cujo número de instâncias tem impacto em várias métricas dentro da Central de Dados, como consumo de energia, tempo de resposta e custos para o usuário. O desenvolvimento de uma estratégia de agrupamento de tarefas de aplicações em máquinas virtuais foi discutido por Nguyen et al. (2013).
- *Problemas envolvendo tempo de resposta de aplicação:* há diversos trabalhos na literatura procurando otimizar métricas que envolvem tempo de resposta. Mesmo em HPC, com muitos trabalhos publicados, essa temática ainda é atual. No contexto de computação em nuvem, onde SLA está fortemente relacionado com garantias de tempo de resposta, surgiram vários trabalhos apresentando novas heurísticas de escalonamento. Exemplos de trabalhos nesse contexto abordando nuvem foram apresentados por Wang et al. (2014).
- *Compartilhamento da arquitetura de memória cache por diferentes threads de aplicação:* a reserva de recursos computacionais para aplicações tem sido

feita usualmente por gerenciadores de Qualidade de Serviço. Entretanto, no mais baixo nível da arquitetura computacional, o impacto sobre aplicações em execução devido ao uso compartilhado do processador não é um problema bem definido matematicamente na atualidade. Não há mecanismo conhecido até o momento capaz de reservar cache. Kim et al. (2012) apresenta um trabalho relacionado com este tema.

7. Conclusões

Neste trabalho foram apresentadas características de centrais de dados, exemplos de Centrais de Dados comerciais e o conceito de SLA. Por meio deste estudo pode-se obter uma visão arquitetural dos elementos que formam plataformas de computação em larga escala. Nessa visão arquitetural foi contextualizado o papel do escalonador, sendo que um dos seus objetivos é aplicar uma estratégia de escalonamento de aplicações. O conjunto desses subsistemas pode ser compreendido como um Sistema Gerenciador de Tarefas e Recursos.

Enquanto o escalonador gerencia a fila de aplicações e interage com os recursos do ambiente, a estratégia de escalonamento tem o objetivo de organizar as aplicações para uso dos recursos computacionais, definindo quando e onde elas podem ser executadas. Nesse contexto, apresentamos desafios na área.

Referências

Barquet, A. L., Tchernykh, A., Yahyapour, R. (2013). Performance evaluation of infrastructure as a service clouds with SLA constraints. Iberoamerican Journal of Research Computing and Systems, vol. 17, 401–411.

Di, S., Kondo, D., Cirne, W. (2012). Characterization and Comparison of Cloud versus Grid Workloads, Proc. 14th International Conference on Cluster Computing, 230-238.

Elmroth, E., Marquez, F. G., Henriksson, D., Ferrera, D. P. (2009). Accounting and billing for federated cloud infrastructures. Eighth International Conference on Grid and Cooperative Computing, 268–275.

Facebook (2012). Under the hood: SchedulingMapReduce jobs more efficiently with corona. Retrieved from: https://www.facebook.com/notes/facebook-engineering/under-the-hood-scheduling-mapreduce-jobs-more-efficiently-with-corona/10151142560538920/

Freitas, A. L., Parlavantzas, N. e Pazat, J. L. (2011). Cost reduction through SLA-driven self-management. Ninth IEEE European Conference on Web Services (ECOWS), 117–124.

Hindman, B., Konwinski, A., Zaharia, M., Ghodsi, A., Joseph, A. D., Katz, R., Shenker, S. e Stoica, I. (2011). Mesos: A platform for fine-grained resource sharing in the data center. Proceedings of the 8th USENIX Conference on Networked Systems Design and Implementation, NSDI'11, 295–308.

IBM, C. C. (2009). Seeding the clouds: Key infrastructure elements for cloud computing. Retrieved from: https://itinfrastructure.report/whitepapers/seeding-the-clouds-key-infrastructure-elements-for-cloud-computing/2279

Iglesias, J. O., Murphy, L., Cauwer, M. D., Mehta, D., O'Sullivan, B. (2014). A methodology for online consolidation of tasks through more accurate resource estimations. IEEE/ACM 7th International Conference on Utility and Cloud Computing (UCC), 89–98.

Kim, S., Eom, H., Yeom, H. Y. (2012). Virtual machine scheduling for multicores considering effects of shared on-chip last level cache interference. International Green Computing Conference (IGCC), 1-6. doi: 10.1109/IGCC.2012.6322250

Koller, B. (2010). Enhanced SLA management in the high performance computing domain. Zentrale Universitätseinrichtungen. IZUS HLR-Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart (HLRS).

Liu, Z. & Cho, S. (2012a). Characterizing machines and workloads on a google cluster. 41st International Conference on Parallel Processing Workshops, 397–403.

Margery, D., Morel, E., Nussbaum, L., Richard, O., Rohr, C. (2014). Resources Description, Selection, Reservation and Verification on a Large-Scale Testbed, 239–247. Springer International Publishing, Cham.

Nguyen, Q. T., Quang-Hung, N., Tuong, N. H., Tran, V. H. e Thoai, N. (2013). Virtual machine allocation in cloud computing for minimizing total execution time on each machine. International Conference on Computing, Management and Telecommunications (ComManTel), 241–245.

Pawar, C. S. & Wagh, R. B. (2013). Priority based dynamic resource allocation in cloud computing with modified waiting queue. International Conference on Intelligent Systems and Signal Processing (ISSP), 311–316.

Perez-Mendez, A., Pereniguez-Garcia, F., Marin-Lopez, R., Lopez-Millan, G., Howlett, J. (2014). Identity federations beyond the web: A survey. IEEE Communications Surveys Tutorials, 16(4):2125–2141.

Pore, M., Abbasi, Z., Gupta, S. K. S., Varsamopoulos, G. (2015). Techniques to Achieve Energy Proportionality in Data Centers: A Survey, 109–162. Springer New York, New York, NY.

Reiss, C., Tumanov, A., Ganger, G. R., Katz, R. H., Kozuch, M. A. (2012). Towards understanding heterogeneous clouds at scale: Google trace analysis. Technical report ISTC-CC-TR-12-101, Intel Science and Technology Center for Cloud Computing, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213-3890.

Reiss, C., Wilkes, J., Hellerstein, J. L. (2011). Google cluster-usage traces: format + schema. Technical report, Google Inc., Mountain View, CA, USA.

Rochwerger, B., Breitgand, D., Levy, E., Galis, A., Nagin, K., Llorente, I. M., Montero, R., Wolfsthal, Y., Elmroth, E., Caceres, J., Ben-Yehuda, M., Emmerich, W., Galan, F. (2009). The Reservoir model and architecture for open federated cloud computing. IBM Journal of Research and Development, 53(4):4:1–4:11.

Schwarzkopf, M., Konwinski, A., Abd-El-Malek, M., Wilkes, J. (2013). Omega: Flexible, scalable schedulers for large compute clusters. Proceedings of the 8th ACM European Conference on Computer Systems, EuroSys '13, 351–364, New York, NY, USA. ACM.

Sefraoui, O., Aissaoui, M., Eleuldj, M. (2015). Management platform for cloud computing. Cloud Technologies and Applications (CloudTech), 1–5.

Singh, L. & Singh, S. (2013). Article: A survey of workflow scheduling algorithms and research issues. International Journal of Computer Applications, 74(15):21–28.

Vavilapalli, V. K., Murthy, A. C., Douglas, C., Agarwal, S., Konar, M., Evans, R., Graves, T., Lowe, J., Shah, H., Seth, S., Saha, B., Curino, C., Malley, O., Radia, S., Reed, B., Baldeschwieler, E. (2013). Apache hadoop YARN: Yet another resource negotiator. Proceedings of the 4th Annual Symposium on Cloud Computing, SOCC '13, 5:1–5:16, New York, NY, USA. ACM.

Wang, W., Li, B., Liang, B. (2014). Dominant resource fairness in cloud computing systems with heterogeneous servers. IEEE INFOCOM 2014 - IEEE Conference on Computer Communications, 583–591.

Wieder, P., Butler, J. M., Theilmann, W., Yahyapour, R. (2011). Service Level Agreements for Cloud Computing. Springer Publishing Company, Incorporated.

Wu, L., Garg, S. K., Buyya, R. (2011). SLA-based resource allocation for software as a service provider (SaaS) in cloud computing environments. Proceedings of the 2011 11th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing, CCGRID '11, 195–204, Washington, DC, USA. IEEE Computer Society.

Yarmolenko, V. & Sakellariou, R. (2006). An evaluation of heuristics for SLA based parallel job scheduling. 20th International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS).

Zhang, Z., Li, C., Tao, Y., Yang, R., Tang, H., Xu, J. (2014). Fuxi: A fault-tolerant resource management and job scheduling system at Internet scale. Proc. VLDB Endow., 7(13):1393–1404.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 18/10/2019
Aceitação/Acceptance: 26/12/2019

Impacto do rompimento da barragem de Brumadinho nas ações das mineradoras Vale, CSN e Gerdau

João Carlos Félix Souza[12], Lucas de Oliveira Cruz[1], Aldemar de Miranda Motta Neto[1], Rafael Villa Trotti[1], Vitor Campos Alves Duarte[1], João Gabriel de Moraes Souza[3].

joca.fs@uol.com.br, lucasocruz01@gmail.com, aldemarmmotta@gmail.com, rafael.trotti@gmail.com, vcamposduarte@gmail.com, joaogabrielsouza@yahoo.com.br

1 Universidade de Brasília/Departamento de Engenharia de Produção, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, CEP: 70.000-000, Brasília (DF), Brasil.

2 Universidade de Brasília/PPCA – Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada - CIC/EPR, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, CEP: 70.000-000, Brasília (DF), Brasil.

3 Universidade de Brasília/Departamento de Administração, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, CEP: 70.000-000. Brasília (DF), Brasil

Pages: 261–272

Resumo: O estudo de eventos busca verificar como determinado evento impacta o comportamento de uma variável de retorno das ações de três mineradoras: Vale, CSN e GERDAU. Na história recente do Brasil, é possível destacar dois eventos de alto impacto e relevância: o rompimento de duas barragens de companhias mineradoras em um intervalo de tempo de 4 anos. Como esse tipo de evento gera uma grande repercussão social, midiática e jurídica, é esperado que essas questões tenham influência direta no mercado financeiro não só a nível nacional, como também com impactos em uma esfera mundial. O estudo verificou que o rompimento da barragem de Brumadinho impactou, com significância estatística, as ações de duas das três empresas estudadas, e que há indícios que corroboram a teoria da hipótese semiforte dos mercados eficientes.

Palavras-chave: Estudo de eventos; Brumadinho; Barragem; Mercado Financeiro.

Impact of the dam´s breaking of Brumadinho on the actions of the mining Vale, CSN and Gerdau

***Abstract*:** The study of events search to see how certain event impacts the behavior of a specific variable of three mining companies: Vale, CSN and GERDAU. In Brazil's recent history, it is possible to highlight two events of high impact and relevance: the breakup of two dams of mining companies in a time span of 4 years. As this type of event generates a big social impact, legal and media, it is expected that these issues have direct influence on the financial market not only at national level, as well as impacts on a global sphere. The study found that the breaking of the dam of

Brumadinho impacted, with statistical significance, the actions of two of the three companies studied, and there is evidence to support the theory of semiforte of the efficient markets hypothesis.

Keywords: Study of events; Brumadinho; Dam; Financial Market.

1. Introdução

Fazendo parte do mundo globalizado caracterizado principalmente pela alta competitividade no mercado, as organizações tendem a operar no limite possível de suas capacidades, procurando lucratividades cada vez mais elevadas com o menor custo possível. Em uma realidade onde os detalhes fazem toda a diferença, negligenciar medidas que no curto prazo não estão diretamente associadas ao aumento das receitas de uma empresa pode ser o fator decisivo para a ocorrência de um desastre (Pott & Estrela, 2017 e Ribeiro et. al, 2017).

A alta cobrança e competitividade do mercado pode levar a decisões cada vez mais agressivas por parte das organizações, tornando possível que medidas de proteção extra sejam colocadas em segundo plano por representarem custos adicionais e uma possível diminuição da competitividade (Pott & Estrela, 2017). Quando se instaura um modelo mental que prioriza os resultados financeiros a qualquer custo, desastres de qualquer natureza, sobretudo ambientais, podem ocorrer. Acidentes são imprevisíveis, porém erros decorrentes da incompetência ou mero descaso por parte dos seres-humanos devem ser tratados de outra maneira (Sulaiman & Aledo, 2016).

Apesar de recentes acontecimentos na história do Brasil, novos desastres de natureza similar voltar a ocorrer - independentemente dos danos causados ao longo de pouco mais de três décadas. Em 1984 uma falha em dutos subterrâneos da Petrobrás espalhou 700 mil litros de gasolina em Cubatão/SP, que resultou em 93 mortos; em 2000 um vazamento na Baía de Guanabara despejou 1,3 milhão de litros de óleo no oceano, ocasionando multas de mais de 50 milhões para a Petrobras. Mais recente, em 2011, um vazamento de óleo na Bacia de Campos ocasionou grande prejuízo para a fauna e a flora local e mais de 140 milhões de reais de taxas a serem pagas pela Chevron, empresa responsável pela operação do local.

Mais emblemático no que tange ao tema do estudo, em 2015 uma barragem da mineradora Samarco, empresa da qual a Vale era detentora de 50% das ações, se rompeu e provocou a liberação de 62 milhões de metros cúbicos de rejeitos, que impactaram severamente o Rio Doce e até chegaram ao oceano, prejudicando o meio ambiente e as comunidades que se localizavam próximas ao rio, culminando também na morte de 18 pessoas (Ribeiro et. al, 2017).

Apesar desses desastres serem, quase que em sua totalidade, consequência de incompetência ou erro humano, é certo que nenhuma empresa gostaria de ter sua marca atrelada à acontecimentos negativos (Sulaiman & Aledo, 2016).

Levando-se em consideração que esse tipo de acidente gera consequências graves em diversas esferas - pessoas, meio-ambiente e governo - é possível que o evento gere alguma repercussão no valor das ações da empresa. Além disso, como um acidente natural expõe o

fato de que outras empresas do ramo também podem estar suscetíveis a esse tipo de evento, outras organizações também podem ter seus respectivos valores de ações influenciados indiretamente pelo desastre ocorrido (Sulaiman & Aledo, 2016 e Pott & Estrela, 2017).

Especificamente sobre o setor de mineração, que é o foco do estudo aqui apresentado, é importante afirmar que ele corresponde a cerca de 4% do PIB do país e representa 25% do saldo da balança comercial brasileira, visto que os insumos provenientes das operações das mineradoras são exportados para diversos países parceiros do Brasil.

Ainda no que tange ao comportamento da organização no mercado, existem três hipóteses acerca da maneira de como as informações fazem parte da precificação das ações. Inicialmente Kendall (1953) idealizou o conceito de eficiência e, posteriormente, Roberts (1967) e Fama (1970) conceituaram três formas de eficiência de mercado da seguinte maneira:

1. Eficiência na forma fraca: Os preços refletem todas as informações históricas. Assim, como o preço das ações já refletem as informações que foram disponibilizadas no passado, não é possível obter ganhos acima da média analisando as informações de eventos que já ocorreram.
2. Eficiência na forma semiforte: Os preços refletem todas as informações públicas disponíveis no mercado, ou seja, além das informações referentes ao passado, as informações do presente também influenciam no seu preço. Dessa maneira, qualquer informação divulgada passará a ser incorporada nos preços das ações a partir de sua divulgação.
3. Eficiência na forma forte: Complementando a forma semiforte, na qual apenas as informações públicas são refletidas nos preços das ações, de acordo com a hipótese da eficiência na forma forte, as informações privilegiadas também influenciam os preços dos ativos. De acordo com essa hipótese, os investidores não poderiam se valer de nenhum tipo de informação para tentar obter uma vantagem de mercado, pois todas as informações disponíveis já estariam precificadas nas ações.

Apresentadas essas questões, pretende-se verificar qual o impacto do rompimento da barragem de Brumadinho, ocorrido em janeiro de 2019, nas ações de empresas correlatas ao mercado de mineração que são negociadas na Bovespa, e verificar de que maneira isso se relaciona às hipóteses de mercado. A empresa foco do estudo será a Vale, empresa responsável pela barragem que se rompeu. Porém, de qualquer forma, paralelamente outras organizações também serão analisadas. Será utilizada a metodologia de estudo de eventos para tais análises.

2. Metodologia

O estudo de eventos é uma técnica utilizada para avaliar a reação do mercado a algum tipo de evento, e um dos seus objetivos é testar as hipóteses de mercado citadas acima, a fim de verificar se determinado evento ocorreu de maneira transparente, não deixando que informações privilegiadas antecessoras ao evento influenciassem no preço das ações antes que elas fossem de conhecimento geral (Brown & Warner, 1980; Santos et. al, 2017; Souza & Gartner, 2019).

O estudo de eventos foi dividido por Campbell, Lo & MacKinlay (1997) em sete etapas, que serão citadas e explicadas abaixo.

1. Definição do evento: Nessa etapa deve-se escolher o evento que será analisado, assim como sua janela de estimação, que abrange um determinado tempo anterior ao evento, para estimar quais seriam os retornos normais caso o evento não tivesse ocorrido. Além da janela de estimação deve-se também estipular a janela de eventos, que correspondo a um intervalo antes e depois do acontecimento do evento, para análise de como foi o comportamento do ativo.
2. Seleção da amostra: Deve-se escolher quais informações e bases serão utilizadas para realizar o estudo. Como o evento pode englobar diversas organizações de um mesmo setor ou até de setores distintos, é nessa etapa que se deve escolher quais serão analisadas e apresentar as justificativas da escolha.
3. Escolha dos critérios de definição dos retornos normais e anormais: Para a avaliação do impacto do evento sobre o comportamento das ações, deve-se medir o retorno anormal. O retorno anormal consiste no retorno real das ações, que foi o que ocorreu de fato, menos o retorno normal, que é o retorno esperado caso o evento não tivesse ocorrido. Em termos de equação, o retorno anormal é definido da seguinte maneira:

$$AR_{it} = R_{it} - E(R_{it} \mid X_t) \tag{1}$$

$$CAR_{it} = \sum [R_{it} - E(R_{it} \mid X_t)] \qquad (2) \tag{2}$$

   Onde AR_{it} representa a possível anormalidade indicada pela diferença do retorno real, R_{it} com $E(R_{it} / X_t)$ que representa o retorno esperado para a ação dado as ocorrências dos valores de X_t, que são os valores do retorno do IBOVESPA (R_{mt}) no período *t*. Neste caso *i* indica o ativo a ser estudado. Existem várias maneiras de se estimar o retorno do ativo *i* para qualquer período *t*, mas a mais comum delas consiste na indexação do valor da ação a um índice de mercado, pois, dessa maneira, as ações se utilizam de um componente de medição de riscos que acompanha o valor da própria ação/ativo. No caso do valor CAR_{it} (equação 2) ela representa a diferença acumulada de AR_{it} no atual período com os períodos subsequentes.
4. Procedimentos de estimação: Escolhido qual modelo de estimação do retorno normal será utilizado, deve-se determinar os períodos da janela de estimação mencionada acima e realizar os procedimentos para estimar o retorno normal. O período do evento não deve ser incluído na janela de estimação, para que os resultados do evento não influenciem na parametrização do modelo.
5. Procedimentos de testes: Após o retorno normal ter sido determinado, deve-se partir para os cálculos dos possíveis retornos anormais, visto que todos os dados necessários para se realizar essa etapa já foram obtidos.
6. Resultados empíricos: Nessa etapa é realizada a apresentação dos resultados obtidos, levando-se em conta determinados parâmetros que podem ter sido

influenciado pelo acaso, não determinando qualquer significância estatística. Deve-se verificar possíveis falhas nos resultados.

7. Interpretações e conclusões: Os resultados empíricos devem levar a interpretações à luz da teoria existente e a elaboração de possíveis conclusões sobre o impacto do evento analisado no estudo.

3. Desenvolvimento, Análise e Resultados

No artigo foram analisadas as empresas VALE, que foi a empresa responsável pela barragem rompida que causou o grande evento na cidade de Brumadinho (Minas Gerais), além das empresas GERDAU e CSN. Estas empresas, como na mineração, atuam também em outros mercados bastantes correlatos ao do escopo do estudo, e por isso foram organizações tratadas como relevantes para o compor o trabalho aplicado.

A GERDAU S.A é a maior empresa Brasileira produtora de aço e uma das principais fornecedoras de aços longos nas Américas e de aços especiais no mundo. No fechamento de 2015 possuía um patrimônio líquido de 31,97 bilhões de reais (BMF&BOVESPA, 2019).

A CSN é uma multinacional brasileira com mais de vinte mil colaboradores, e que possui ações listadas nas bolsas de São Paulo e Nova York. O seu Patrimônio líquido estimado no final de 2015 foi de 7,66 bilhões de reais (BMF&BOVESPA, 2019).

A janela do evento foi considerada como sendo de 51 dias, sendo esses dias distribuídos da seguinte maneira: 25 dias anteriores ao evento, que ocorreu no dia 25 de janeiro de 2019, o dia do evento, e os 25 dias posteriores ao acontecimento do evento. Esta janela foi aplicada por ser considerada a de melhor apuração em casos de anormalidade em modelos de Estudo de Eventos (Brown & Warner, 1980 e Souza & Gartner, 2019). No caso em questão considera-se o CARit para os 51 períodos da janela do evento. Na Figura 1, é representado o funcionamento do modelo base da Janela de Estimação e Janela do Evento.

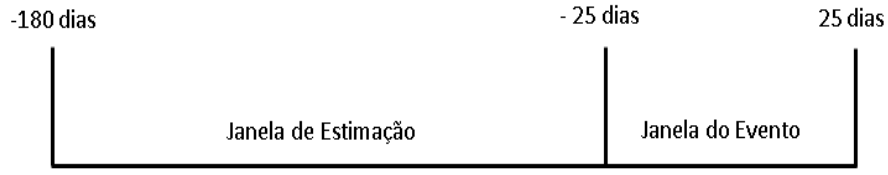


Figura 1 – Janelas do evento.

Os dados utilizados foram os dados dos valores das ações das três empresas citadas, assim como o do índice IBOVESPA da BM&FBOVESPA (2019), pois foi a partir dele que se realizou a correlação/covariância para identificar quais seriam os retornos normais (ou expectativas) das três ações utilizadas no estudo. Importante citar que esse índice foi o escolhido pois ele é o principal índice do mercado de ações brasileiro

e é o mais importante indicador de desempenho médio dos ativos mais negociados e representativos do mercado de ações do Brasil (BM&FBOVESPA, 2019).

Para se calcular o retorno real foi utilizado o método logarítmico, pois ele é condizente com ativos que sofrem variações constantes ao longo do tempo, enquanto o modelo discreto é adequado para ativos que sofrem variações mais periódicas em seu valor. A fórmula de cálculo está explicita na equação (3), onde Pt representa o preço da ação P no período t, e, portanto, Pt-1 representa o preço da ação no período imediatamente anterior.

$$Retorno\ Real\ por\ dia = \ ln(P_t) - \ (P_{t-1}) \tag{3}$$

Para se calcular o retorno anormal é necessário definir qual seria o comportamento esperado da ação, caso o evento não tivesse ocorrido, visto que o retorno anormal é dado pela subtração do retorno real pelo retorno normal (ou esperado). O retorno normal é dado pela seguinte fórmula:

$$Retorno\ normal\ (esperado) = \ \alpha \ + \ \beta R_{mt} \ + \ \varepsilon_{it} \tag{4}$$

Onde α e β são os parâmetros obtidos após utilizar o método de regressão de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), Rmt é o retorno real do índice escolhido para se utilizar como parâmetro (no caso é o índice Ibovespa), e εit representa o retorno aleatório presente no período.

Dadas essas informações, foram calculados os parâmetros das equações de retorno normal/esperado. Importante lembrar que os parâmetros utilizados para realizar as regressões foram as variações do índice Ibovespa com as ações das três companhias citadas, conforme retorno logarítmico calculado de acordo com a equação (4) acima. Os resultados estão apresentados no Quadro 1.

Inicialmente calcula-se, portanto, os valores dos betas (β) retornados e grau de significância dos estimadores. Porque, se significativos, pode-se verificar em que grau a variação do índice Ibovespa deverá impactar ou influenciar as ações das companhias estudadas neste artigo.

Ativo	β	valor-P	t Student	F signif.	ρ (correl)
CSN	1,501236	6,45674E-33	14,22405	6,45674E-33	0,68578
Gerdau	1,132703	1,37605E-24	11,61369	1,37605E-24	0,61459
Vale	0,674839	9,28667E-13	7,588873	9,28667E-13	0,44892

Quadro 1 – Resultados das Regressões MQO)

Verificando os dados do Quadro 1, é possível inferir que os resultados das regressões são bastantes confiáveis, pois, além de os valores-P serem consideravelmente baixos, os testes t de Student possuem valores satisfatórios para cada parâmetro e os valores de "F de significação" (F da distribuição de Snedecor) indicam que os modelos são estatisticamente consistentes.

No caso do parâmetro beta (β), ele mede a variação do índice do ativo citado, com relação a cada variação de um ponto no índice Ibovespa, que foi o índice de referência utilizado para se realizar as análises. O valor de β menor registrado foi o da VALE, o qual significa que, para cada ponto alterado no índice Ibovespa, é esperado que o índice da VALE se altere em 0,67 unidades de retorno, seguindo a direção do índice de referência. No caso do ativo da CSN ele possui uma variação consideravelmente mais robusta, varia com 150% em relação ao índice Ibovespa.

Com esses parâmetros definidos é possível calcular o retorno normal/esperado para cada data presente na janela de eventos, seguindo as equações (5), (6) e (7) apresentadas a seguir. Para determinar cada uma das equações foi utilizada a equação genérica do retorno normal, substituindo o alfa e o beta pelos valores informados no Quadro 1 acima. Portanto, tem-se as seguintes situações nos cálculos dos retornos normais vinculados as três mineradoras

Cálculo dos retornos normais para a CSN:

$$R_{it}(CSN) = -0{,}00109 + 1{,}50124\, R_{mt} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

Cálculo dos retornos normais para a GERDAU:

$$R_{it}(Gerdau) = -0{,}00025 + 1{,}13270\, R_{mt} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

Cálculo dos retornos normais para a VALE:

$$R_{it}(VALE) = 0{,}00078 + 0{,}67484\, R_{mt} + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

Conforme a definição das equações (1) e (2) após obter os dados dos retornos anormais, foi realizado o teste de Shapiro-Wilk com o objetivo de verificar se os retornos anormais obtidos com os dados correspondem a uma distribuição normal. Utilizando um nível de significância de 0,05, foi realizado o teste, e os resultados estão apresentados no Quadro 2. As hipóteses nulas e/ou alternativas estão demonstradas a seguir:

H_0 = Os retornos anormais seguem uma distribuição normal;

H_1 = Os retornos anormais não seguem uma distribuição normal.

Companhia	P-Valor	Significância	Hipótese Ho
CSN	0,01162	0,01	Aceita
Gerdau	0,253043	0,01	Aceita
Vale	0,818735	0,01	Aceita

Quadro 2 – Teste de Shapiro-Wilk

Desta maneira, com base nos níveis de significância explicitados no Quadro 2, e considerando os dados obtidos através da equação (1) dos retornos anormais, pode-se concluir que as variações das três ações durante a janela de evento podem ser consideradas como correspondentes à uma distribuição normal. Importante citar que foram descartados um outlier da ação da CSN e outro da VALE para que fosse obtido o nível de significância necessário para a realização dos testes.

Considerando satisfatório o resultado do teste, foi realizado o teste de *t de student* para verificar a significância das variações acumuladas encontradas durante a janela do evento, versus o que teria ocorrido caso o evento não tivesse acontecido (valores observados). Pressupõe-se que, no caso de situação normal, não haveria alteração na diferença dos valores observados com os valores do modelo de regressão ajustado. Isto é, no acumulado (CAR), os valores seriam resultado de soma zero ou anulados. Considerando as hipóteses abaixo e realizando o teste, foram retornados resultados conforme o Quadro 3. Portanto, calculando o CAR_{it} para os 51 períodos da janela do evento, definem-se as seguintes hipóteses como teste:

H0: Não há diferença estatística significante (Retornos Normais);

H1: Há diferença estatística significante (Retornos Anormais)

Companhia	Significância	P-value	Hipótese Ho
CSN	0,05 / 0,10	0,087629	Aceita / Rejeita
Gerdau	0,05	0,043381	Rejeitada
Vale	0,05	0,047449	Rejeitada

Quadro 3 – Testes t de Student

Conforme os resultados dos testes dos valores apresentados no Quadro 3, é possível verificar que, considerando um nível de significância de 0,05 (95% de confiança), pode-se afirmar que o evento ocorrido, neste período, provocou um efeito significativo no valor das ações da GERDAU e da VALE, enquanto que não é possível afirmar que houveram alterações nos valores das ações da CSN. No entanto, em 90% de confiança, todas são rejeitadas. Isto é, houve influência de algum evento no comportamento destes ativos. Pode-se atribuir o impacto do evento do rompimento da barragem na cidade de Brumadinho. As variações mais tímidas ocorridas na CSN podem ser atribuídas ao fato desta empresa sofrer um impacto de menor relevância, talvez porque não está diretamente envolvida no acontecimento.

Para complementar a análise, foram elaborados gráficos (Figuras 2, 3 e 4) que permitem uma identificação visual do comportamento das ações em relação ao tempo. As duas linhas apresentadas nos gráficos representam o retorno real e o retorno normal/ estimado pela regressão. Os dados do eixo *X* apresentam os dias da janela de evento, ou seja, valores negativos mostram os dias antes da data focal ou do evento "0" (data zero) e valores positivos, dias posteriores a data focal "0".

No primeiro gráfico, da CSN, é possível verificar que houve uma pequena alteração no dia do evento, acompanhando o mercado, e que a ação ficou alguns dias abaixo do esperado. Ao final da janela, é possível verificar uma valorização, porém é importante lembrar que os testes apresentados acima informam significância estatística limitada em 90% de confiança. Possivelmente a partir de 20 dias da data do evento de rompimento da Barragem houve, para a empresa CSN, outro evento ou informação de importância que elevou suas ações. Segundo informações da própria BMF&BOVESPA (2019) foi o anúncio prévio dos resultados positivos da CSN em 2018. A expectativa deste resultado positivo pode ter influenciado para uma reação negativa tímida das ações da CSN no dia do evento.

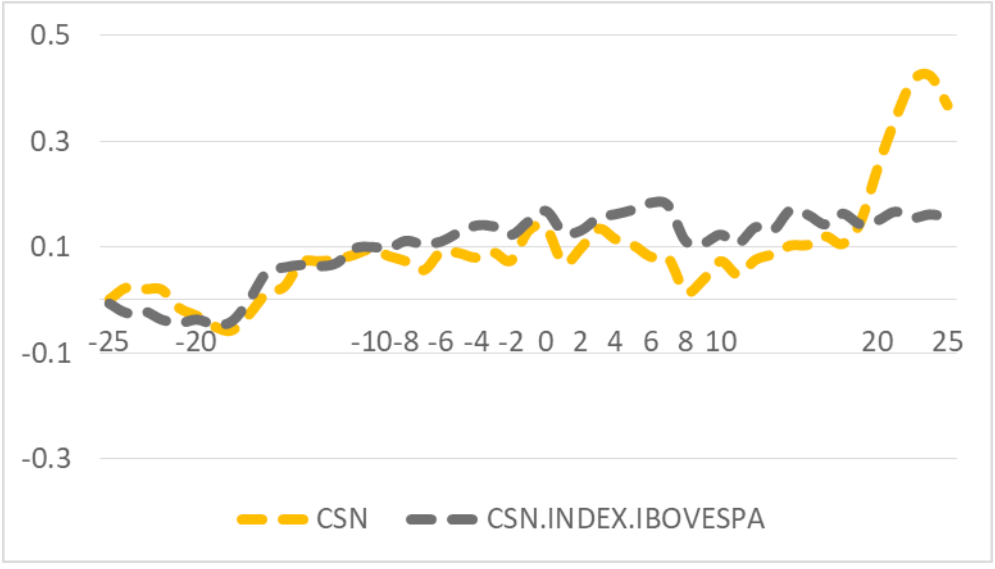


Figura 2 – Variação das ações da CSN.

As ações da GERDAU (Figura 3) apresentaram uma desvalorização significativa, considerado o fato de que no início da janela ela estava se comportando conforme o esperado. Posteriormente, há um *gap* negativo atribuído, possivelmente, ao desgaste temporal do evento ocorrido em Brumadinho.

Por último, nas ações da VALE (Figura 4) é possível verificar claramente como as alterações no valor do ativo ocorreram com grande intensidade na data do evento e se mantiveram estáveis e negativas após o evento. Desta maneira, porém, na aplicação do

teste *t de student* realizado, concluiu-se que há significância estatística nas alterações durante a janela de evento. É significativo o fato de que houve grande mudança nos valores das ações da empresa no dia do evento. Portanto, há indícios consideráveis que comprovam a hipótese de mercado semiforte, pois o mercado rapidamente precificou as ações devido ao evento.

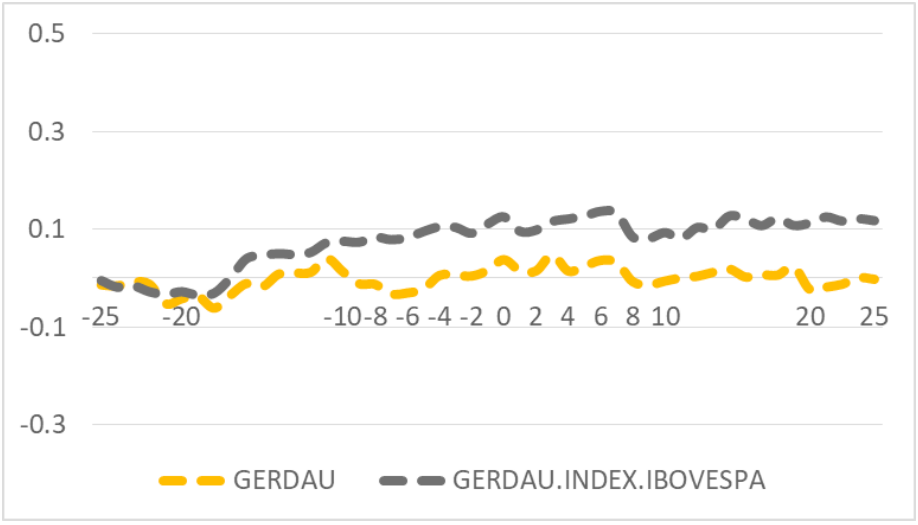


Figura 3 – Variação das ações da GERDAU.

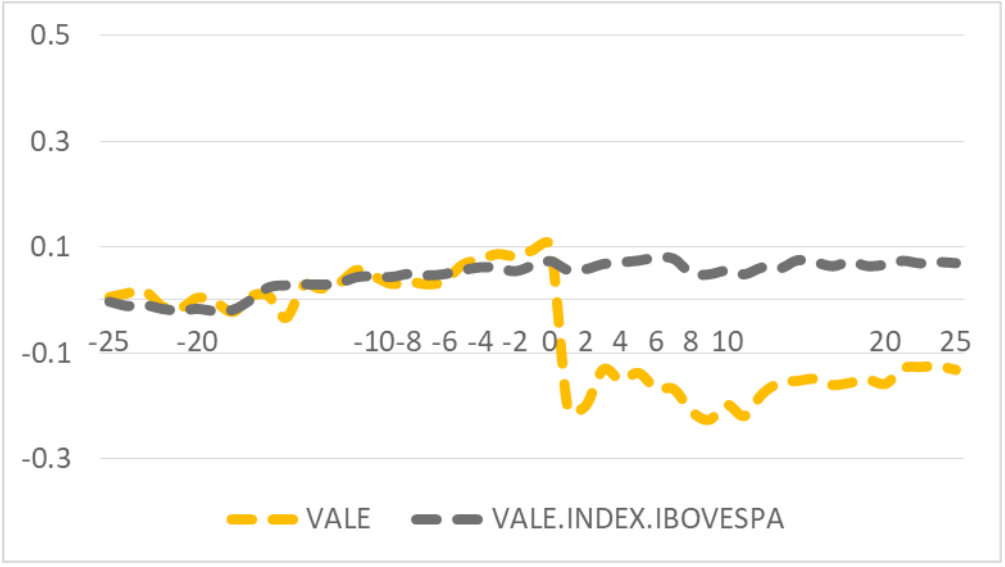


Figura 4 – Variação das ações da VALE.

4. Conclusão

Dados os resultados obtidos, é possível verificar que, com uma significância estatística considerável, o rompimento da barragem de Brumadinho influenciou negativamente o preço das ações das companhias estudadas. A única das três que apresentou resultados positivos ao término da janela foi a CSN, no entanto, seu resultado certamente foi influenciado pela divulgação do Balanço positivo de 2018, visto que não foi possível considerar que houve significância estatística (*p-value de 0,05*) até 20 dias depois do evento. Muito embora, no acumulado antes de 20 dias, com 90% de confiança houve uma indicação de *gap* negativo com IBOVESPA.

Como foi possível verificar, as ações da principal empresa responsável pelo acidente, a VALE, caíram cerca de 25% no dia do evento, e esse preço manteve-se estável até o fim da janela, o que é um indício importante para a comprovação da teoria de um mercado semiforte, pois a ação foi precificada no dia do acontecimento e seu valor foi mantido no decorrer da janela (25 dias) após a data focal "0".

Por fim, é importante acrescentar que os desastres ambientais impactam inúmeros agentes diretos e indiretos de maneiras e intensidades distintas. A sociedade é afetada diretamente pelo impacto causado nas pessoas presentes na região do evento; o meio-ambiente sofre com os danos gerados que muitas vezes são permanentes; as organizações paralelas do mesmo setor sofrem indiretamente pela perda de credibilidade ou aumento de incerteza e insegurança; e, finalmente, a economia oscila quase que instantaneamente na ocorrência do evento. Foi possível correlacionar o impacto do desastre ambiental do rompimento da barragem de Brumadinho com a queda nas ações da Vale. Essa correlação é justificada principalmente pelo descobrimento de um problema que não era compartilhado com os investidores. A empresa possui inúmeras outras barragens em situações similares a de Brumadinho quando estava prestes a romper. Esse problema não possui uma solução imediata e simples, e pode ocasionar outros rompimentos, sendo possível estimar um dano ainda maior às ações da empresa, assim como à sociedade e ao meio-ambiente.

Importante salientar, para alertar as empresas mineradoras de atividades semelhantes, que o prejuízo também se faz no aspecto financeiro. Além dos inúmeros prejuízos de vidas, econômicos e ambientais, mesmo que, estas empresas consigam, com excelentes advogados, escaparem de grandes indenizações, elas estão sujeitas a grandes prejuízos no mercado financeiro.

Como sugestão seria interessante comparar este evento com o evento de Mariana para que se possa avaliar e comparar a anormalidade do comportamento das ações das empresas mineradoras nestes casos. Uma outra avaliação interessante seria a análise pós evento. Esta análise compara a evolução, involução, ou mesmo uma instabilidade negativa (ou positiva) das ações em um determinado período após a data focal "0". Este estudo pós-evento deve ser feito, preferencialmente, a longo prazo ou com prazo previsível adequado.

Referências

BMF&BOVESPA. Bolsa de Valores de São Paulo. (Consulta feita em maio/2019) https://br.advfn.com/bolsa-de-valores/bovespa.

Brown, S., Warner, J. (1980). *Measuring security price performance*. *Journal of Financial Economics*, 8 (3), 1 -23.

Campbell, J. Y.; Lo, A. W.; Mackinlay, A. C. (1997). *The Econometrics of Financial Markets*. New Jersey: Princeton University Press.

Fama, E. F. (1973). *Risk, return and equilibrium: empirical tests***.** *Journal of Political Economy*, 81 (3), 607-636.

Kendall, M. G. (1953). *The analysis of economic time-series, part I. prices*. *Journal of the Royal Statistical Society*. 1 (3), 11-25.

Pott, C.M.; Estrela, C.C. (2017). Histórico Ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. *Revista Estudos Avançados*, 31 (80), 271-283.

Ribeiro, J.; Vieira, R.; Tômio, D. (2017). Análise de percepção de risco de desastres naturais por meio da expressão gráfica de estudantes do Projeto Defesa Civil na Escola. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*. 42 (1), 202 – 223. doi: 10.5380/dma.v4210.46271.

Roberts, H. V. (1967). *Statistical versus clinical prediction of the stock market*. *Unpublished work presented in the Conference of Securities Price Analysis*. Chicago.

Santos, P.H.; Souza, J.C.F.; Andrade, V. (2017). Uso do Value-at-Risk (VaR) para mensuração de risco de Fundos de Investimento de Renda Fixa a partir do Modelo Delta-Normal e Simulação de Monte Carlo. *Revista de Gestão, Finanças e Contabilidade*, 7 (1), 60 -77.

Souza, J. G. de M.; Gartner, I. R. (2019). *Market reaction to bank merger and acquisition events in Brazil: an analysis of the effects of market waves*. Revista Contabilidade & Finanças (online). 30 (1), 139-159.

Suleiman, S. N., Aledo, A. (2016). Desastres Naturais: Convivência com o Risco. Revista Estudos Avançados, 30 (88). Doi: 10.1590/89103 – 40142016.30880003.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 28/09/2019
Aceitação/Acceptance: 22/11/2019

FabRigo: Modelo informático para el monitoreo y control de rutinas de pausas activas en trabajadores de oficina por medio del modelo PoseNet

Fabian Herrera[1], Rodrigo Niño[1], Carlos Montenegro[1], Paulo Gaona[1]

Fcherrerar@correo.udistrital.edu.co, raninor@correo.udistrital.edu.co, cemontenegrom@udistrital.edu.co, pagaonag@udistrital.edu.co

[1] Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá D.C, Colombia.

Pages: 273–285

Resumen: Las enfermedades laborales son una de las mayores causas de incapacidad en el mundo, estas pueden ser prevenidas realizando pausas activas, sin embargo, no son realizadas por desconocimiento, olvido o falta de motivación. Esta investigación pretende proveer un mecanismo que garantice la ejecución de las pausas activas apoyadas en una herramienta informática que hace uso de PoseNet, una herramienta basada en redes neuronales convolucionales que permite estimar los puntos clave del cuerpo humano y así monitorear una rutina de ejercicios relacionada a la pausa activa. La aplicación generada es capaz detectar cuando el ejercicio es realizado correctamente con un error entre 10^{-2} y 10^{-3} mediante el uso de una cámara como la que se encuentra dispositivos celulares o computadores dejando atrás al Kinect, la aplicación es capaz de detectar y comparar la figura del usuario para determinar si realiza correctamente un ejercicio de pausa activa.

Palabras-clave: PoseNet; pausas activas; Python; comparación de figuras; FabRigo.

FabRigo: Computer model for monitoring and control of active pause routines in office workers through the PoseNet model

***Abstract*:** Occupational diseases are one of the biggest causes of disability in the world, these can be prevented from active pauses, however, they are not executed due to ignorance, forgetfulness or lack of motivation. This research aims to provide a mechanism that guarantees the realization of active pauses supported by a computer tool using PoseNet, a tool based on convolutional neural networks that allows estimating the key points of the human body and thus monitoring a routine of exercises related to active pause. The generated application is able to detect when the exercise is performed correctly with an error between 10^{-2} y 10^{-3} by using a camera like the one found on mobile devices or computers behind At Kinect, the application is capable of detecting and comparing the figure of the user to determine if he correctly performs an active pause exercise.

***Keywords**:* PoseNet; active pauses; Python; figure comparison; FabRigo.

1. Introducción

En la actualidad se ha vuelto común el estilo de vida sedentario en el que no se practica ejercicio de manera regular, según (Owen et al. 2017) los determinantes del comportamiento sedentario han sido categorizados en 4 clases: transporte, ocupación, tiempo en el hogar y tiempo de ocio; además se detectaron 3 ambientes en que más se da este comportamiento hogar, lugar de trabajo y en el transporte público.

En este proyecto se ataca el sedentarismo en el ambiente de trabajo de oficina ya que las lesiones generadas aumentan en frecuencia y duración (Díaz, Mardones, Mena, Rebolledo & Castillo, 2011), en este espacio el uso frecuente de computadores para llevar a cabo sus tareas puede traer complicaciones musculo esqueléticas, según lo presentado por St-Onge, Samaniy y Madelaine (2017) las incidencias de dolor de cuello en trabajadores de oficina es del 57% mientras que en el resto de la población es del 10.4% al 21.3% y en estos trabajadores se observa la prevalencia en un 50.2% en un periodo de 12 meses. Además, la falta de recuperación o descanso muscular insuficiente, especialmente para las fibras musculares pequeñas pueden representar un factor de riesgo para trastornos del cuello y hombro.

Las pausas activas se pueden definir como un conjunto de ejercicios para la contracción de los músculos por un corto periodo de tiempo que son capaces de redistribuir la carga muscular y reducir el desarrollo de fatiga durante actividades prolongadas (Januario et al. 2016).

Con el objetivo de incentivar la práctica de las pausas activas en los trabajadores de oficina que mayoritariamente realizan su jornada laboral sentados frente a una computadora, se desarrolla una aplicación que acompañe la realización de las pausas activas, esto con el objetivo de mejorar la participación y actitud frente a la realización de las mismas, puesto que son olvidadas dada una cultura organizacional e individual que en muchos casos no da la importancia que tienen para el cuidado de la salud, según Leon, Vasquez, Villa (2017) existen tres factores clave para la resistencia a la adopción de una tecnología: los administradores, recursos de la empresa y usuarios de TI, se debe crear conciencia tanto en los directivos como en los trabajadores de la importancia y beneficios para su salud de adoptar una aplicación que los ayude a realizar la pausa activa y así evitar enfermedades.

La aplicación monitoreará al usuario durante el desarrollo de la pausa activa mostrando la rutina y duración de ejercicios a realizar. Durante el desarrollo se notifica en tiempo real si los ejercicios son realizados de forma correcta. Para la construcción de esta aplicación se hará uso de varias librerías de programación: para el Back End se usa Python con el micro framework Flask, en el navegador se usa TensorFlow en su versión para JavaScript puesto que esta librería de Google posee un modelo ya entrenado para detectar los puntos clave del cuerpo humano con lo cual se hace el seguimiento a la ejecución de la pausa activa, esto, a diferencia de otros desarrollos que se han dado hasta el momento, se puede lograr con una cámara web tradicional, es decir aquellas encontradas en teléfonos móviles o computadores de escritorio, con esto se logra una manera más económica de implementar una aplicación de monitoreo de pausa activa puesto que no requiere dispositivos especiales como el Kinect, además al usar una cámara como las de un computador común, que en muchos casos ya viene integrada,

se logra que una organización se incentive a usar la aplicación puesto que solo requiere navegar a la aplicación web para abrir la aplicación y usara la cámara que tienen los equipos de dotación de los empleados para funcionar.

2. Trabajos Relacionados

Respecto a esta problemática se han realizado numerosas investigaciones entre las cuales podemos destacar las siguientes:

En el proyecto realizado por Uribe y Pérez (2016) hace uso de un Kinect para detectar e incentivar la práctica de las pausas activas en estudiantes, docentes y funcionarios de la universidad militar nueva granada. Una vez implementado dicho software se realizó una encuesta que muestra que los encuestados son conscientes de los beneficios que trae la realización de las pausas activas y el 79% vio útil el software para controlarlas.

Adicionalmente usando la tecnología de Microsoft Kinect se realizaron dos tesis, la primera de Kayenbe (2012) hace uso de la información obtenida por el sensor para obtener los puntos de referencia de la rodilla, el hombro y la cadera, con estos puntos se analiza por medio de la ley del coseno para obtener el ángulo que se forma a partir de la cadera y así validar la postura de la persona en medición. La aplicación desarrollada tiene la capacidad de detectar la pastura tanto de pie como sentado.

En la segunda tesis, realizada por Martínez (2018) con la suite de desarrollo del dispositivo KINECT, SDK 1.7, se realizaba la detección de las posturas relacionadas durante una rutina de ejercicios en fisicoculturistas, sin embargo, la validación de las posturas era realizada por medio estructuras de control del tipo "if" que validan que las posiciones de las articulaciones del cuerpo sean igual a la esperada, de modo que al querer añadir nuevas rutinas en la aplicaciones era necesario la modificación del código de la misma.

En el proyecto realizado por Kumar et al. (2016) se hace uso de un Kinect para obtener las uniones del esqueleto, luego de esto se prueban múltiples técnicas de clasificación, PCA y análisis con redes neuronales, así fue posible usar entre un 10% y 15% menos de frames para entrenar la red neuronal y se consiguió una exactitud de hasta el 98%. Como se ve este proyecto también hace uso del Kinect, el cual, aunque efectivo no es de uso cotidiano para las personas, a diferencia de una cámara web de un computador portátil. Ya que en este proyecto también hay una fase de obtención de los puntos claves, estos podrían usarse en nuestro algoritmo y funcionaria de igual manera a como lo hace al usar PoseNet en vez de Kinect.

En el proyecto realizado por St-Onge et al. (2017) se realiza un estudio de los tipos de pausas activas que más beneficio pueden tener en la activación de los músculos, al revisar los niveles de activación muscular después de realizar los tipos de ejercicios, contracción isométrica submáxima, contracción dinámica, ejercicio postural y descanso, no afectan negativamente la medida de la electromiografía superficial por lo que cualquiera puede ser usado sin un costo en el nivel de activación muscular.

En el estudio realizado por Liu, Xu y Li (2018) se realiza un estudio del estado del arte de los modelos para estimación de la figura humana, en este podemos notar que todas

las implementaciones presentadas están basadas en redes neuronales artificiales, aquí se explican los tipos de redes neuronales usados, el dataset más frecuentemente usado para el entrenamiento de este tipo de redes y los criterios para evaluar estas redes.

En el trabajo realizado por Hou et al. (2017) se hace uso de una arquitectura de redes neuronales para desarrollar una aplicación que es capaz de estimar la figura y los puntos clave del cuerpo humano con el objetivo de en una segunda red implementar un método de "guía de acciones" el cual tiene muchas aplicaciones como entrenamiento, rehabilitación médica o el caso de estudio de este artículo: enseñanza de una danza.

En el artículo escrito por Jutinico, Montenegro-Marin, Burgos, y Gonzalez (2018), se desarrolla una interfaz de lenguaje natural (ILENA) para la obtención de los movimientos realizados con las extremidades superiores, los hombros y la cabeza. Esto con el objetivo del monitoreo de los trabajadores principalmente relacionados a puestos de trabajo con equipos de cómputo.

ILENA hace uso de KINECT para la obtención de un modelo en tres dimensiones del cuerpo humano. Con este modelo se hace un análisis vectorial de n-dimensiones donde cada dimensión es representada por cada articulación que se ve involucrada en el movimiento. Las articulaciones poseen tres dimensiones espaciales obtenidas por KINECT. Con este vector formado se puede analizar el movimiento cuando se realiza desde el punto base al punto final. Para la comparación y análisis hacen uso de vecindarios vectoriales en concreto del algoritmo de los k-vecinos más cercanos o KNN por sus siglas en inglés, sin embargo, aclaran que es necesario poseer valores estandarizados por las diferencias antropométricas y así basar la representación del movimiento en cosenos directores encontrando el ángulo que existe entre dos vectores de un vecindario.

El prototipo de ILENA el cual fue creado como aplicativo de escritorio sobre Windows logro medir el ángulo de abducción escapulohumeral izquierda, dándole la capacidad notificar cuando una persona bajo estas mediciones se encuentra en el rango de riesgo. ILENA obtuvo resultados similares que el Centro de Control y Prevención de Enfermedades CDC por sus siglas en inglés en analizando la abducción del hombro entre personas mayores a 18 y menores a 50 años.

Para finalizar Deb, Sharan, Chaturvedi, Arun y Gupta, (2019) realizaron una propuesta para apoyar el aprendizaje de rutinas de danza por medio de una plataforma de interacción hombre plataforma. Para su realización se hizo uso de OpenPose para hacer detección del cuerpo humano y de los puntos clave del esqueleto en tiempo real, esto lo logra por medio de mecanismos de Deep Learning basados en TensorFlow. Una vez detectado el esqueleto de referencia del cuerpo humano hace uso de normalización L2 para escalar el vector del esqueleto evitando así las diferencias entre tamaños y longitudes de las diferentes personas en medición.

Como se observa en los proyectos investigados hasta el momento, el uso de un Kinect fue muy frecuente, esto genera costos adicionales para la puesta en marcha de una aplicación puesto que hace necesario la compra del Kinect que es de uso obligatorio por parte del usuario final, con el uso del modelo PoseNet se puede lograr un seguimiento a los puntos clave del cuerpo humano tal como lo haría Kinect pero de una manera más económica y accesible para diversos dispositivos, puesto que PoseNet puede ejecutarse

tanto en computadores como en dispositivos móviles Android, así se supera a Kinect y se puede desarrollar una aplicación que no necesita de este para capturar la figura de un ser humano y hacer inferencias sobre este.

3. Metodología

Para desarrollar este proyecto se necesita una herramienta que localice los puntos clave del cuerpo humano. Una vez se tenga localizados estos puntos deben ser comparados con los puntos del modelo que se va a imitar durante el ejercicio.

En un principio se contempló la posibilidad de entrenar una red neuronal convolucional para clasificar las imágenes de los diferentes ejercicios de pausa activa que harán los usuarios, sin embargo, se requeriría un gran dataset de imágenes del cual no se dispone, por lo tanto, resulta una opción más asequible usar una sola imagen de cada ejercicio para comparar con la del usuario realizando el ejercicio por medio de los puntos clave que detecta el modelo PoseNet de tensorflow.

Una vez implementado el método para obtener los puntos clave del cuerpo humano por medio de tensorflow, y un método para compararlos con tal de saber si el usuario realiza la misma acción que se le indica, se puede proceder a desarrollar una aplicación web que integre lo antes mencionado.

Para satisfacer estos requerimientos se va a hacer uso de la metodología de desarrollo ágil SCRUM ya que como es mostrado en el artículo Rodríguez (2015) posee las dos principales cualidades requeridas. La primera se enfoca en el desarrollo iterativo de incrementos en el producto que satisfagan los requerimientos, de esta forma se puede abordar modularmente el desarrollo de cada requerimiento y garantizar su funcionamiento antes de abordar el siguiente requerimiento. La segunda cualidad se centra de la adaptación al cambio que posee la metodología, ya que los requerimientos previamente mencionados poseen una baja especificación en cuanto su implementación y ensamble.

4. Diseño

Para realizar la captura de puntos se optó por la librería PoseNet basada en Tensor Flow, que posee un modelo ya entrenado para detectar los puntos clave del cuerpo humano, por lo que esta labor es muy sencilla.

El problema principal radica en encontrar una manera de comparar los puntos clave del usuario con los de la imagen modelo que se quiere imitar. PoseNet retorna un Json con los 17 puntos clave del cuerpo, cada uno con un punto en dos dimensiones (x, y).

Para cada uno de estos puntos PoseNet retorna un coeficiente de seguridad que especifica que tan seguro está el modelo de que el punto está bien detectado, esto se da porque en ocasiones en las imágenes puede que aparezcan ocultas algunas partes del cuerpo, o no aparezcan por lo que se le dificulta al modelo detectar estos puntos, y retorna un promedio de este valor para todos los puntos. Gracias a PoseNet se tienen ya los puntos clave del modelo de entrada (imagen de la persona haciendo la pausa activa) y el modelo de salida (imagen que se debe imitar dada por la aplicación).

Un método para determinar si dos figuras son iguales es tratar de escalar, rotar y trasladar los puntos de una de las figuras a la otra, cuando se realice estas transformaciones, la distancia entre cada par de puntos (ver ecuación 1),

$$d(P_1,P_2) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Ecuación 1 – Distancia entre cada par de puntos.

deberá tender a cero indicando que las dos figuras son parecidas de lo contrario se concluirá que estas no lo son.

Así se busca una función que permita superponer el conjunto de puntos de la persona que realiza la pausa activa con el conjunto de puntos de ejemplo, esto en algebra lineal se conoce como una transformación afín, que es la combinación de una rotación, translación y escalamiento (ver ecuación 2).

$$\vec{y} = f(\vec{x}) = A\vec{x} + \vec{b}$$

Ecuación 2 – Formula de la transformación afín.

Esta representación matemática es equivalente a la siguiente al usar una matriz aumentada (ver ecuación 3):

$$\begin{bmatrix} \vec{y} \\ 1 \end{bmatrix} = \left[\begin{array}{ccc|c} & A & & \vec{b} \\ 0 & \dots & 0 & 1 \end{array}\right] \begin{bmatrix} \vec{x} \\ 1 \end{bmatrix}$$

Ecuación 3 – Transformación afín representada como una matriz aumentada.

En este caso en particular ya se conoce la matriz de entrada X y la matriz de salida Y, se debe encontrar la matriz A qué mejor mapee los puntos de entrada a los de salida, en caso de que las figuras sean diferentes la matriz A no será eficaz a la hora de mapear los puntos de X a Y sin embargo, en caso contrario, la matriz A mapeará los puntos de X a valores muy cercanos a los de Y y los puntos serán adyacentes unos a otros.

En este punto del desarrollo no se puede avanzar más haciendo uso solamente de Javascript puesto que no es un lenguaje que facilite las operaciones matriciales necesarias para comparar figuras. Debido a esto, se optó por desarrollar un servidor en Python que permitirá hacer estos cálculos fácilmente al hacer uso de la librería Numpy, en particular la función a utilizar es **lstsq**, esta función encuentra el valor de A realizado la minimización $\|b - ax\|_2^2$ es decir; encuentra una matriz A que minimice la distancia de Proscrutes entre el modelo de entrada y el modelo de salida.

De esta manera con cierto rango de error se puede estimar si dos figuras humanas son iguales.

4. Implementación

Para ilustrar el código generado para el funcionamiento de la aplicación se abordará en dos secciones, la primera orientada a explicar la implementación del algoritmo de comparación y la segunda estará dada para explicar la arquitectura de la aplicación y como esta hace uso del algoritmo de comparación.

4.1. Implementación del algoritmo de comparación.

Como se ha descrito anteriormente el algoritmo de comparación se codifico en Python. A continuación, se presentan las secciones de código más relevantes.

Primero es necesario realizar una conversión del Json obtenido por PoseNet como resultado de la búsqueda de los keypoints del cuerpo humano, en un arreglo de Numpy poder ser manipulado, como se ve en la siguiente sección de código:

```
import numpy as np
import json

def transform_json(diccionario ):
    score= diccionario["score"]
    score_partes=[]
    puntos=[]
    for i in range (0, len(diccionario["keypoints"])):
        score_partes.append( diccionario["keypoints"][i]["score"])
        puntos.append ([diccionario["keypoints"][i]["position"]["x"], diccionario["keypoints"][i]["position"]["y"]])
    return (np.array(score), np.array(score_partes), feature_scaling(np.array(puntos) ))
```

Figura 1 – Método para convertir un Json a un conjunto de tres vectores.

Para hallar la matriz A de la ecuación 3, se usa el siguiente código, donde X es el modelo a imitar y Y son las coordenadas de los puntos clave del usuario:

```
def find_a(X,Y):
    A, res, rank, s = np.linalg.lstsq(X, Y , rcond=-1)
    A[np.abs(A) < 1e-10] = 0
    return (A)
```

Figura 2 – Método usado para encontrar la matriz de transformación A.

A continuación, se muestra el método que realiza el mapeo de puntos de entrada X por medio de la multiplicación con la matriz A (ver figura 2), con este método se podrá mapear los puntos de la figura del usuario a la del modelo que debe imitar y luego compararlas para ver si coinciden con cierto margen de error.

Luego se puede comparar el resultado de la multiplicación de A*X con la postura objetivo, para encontrar la distancia entre sus puntos y dado un margen de error decidir

si tienen la misma forma o no, por ello se realizó un método que encuentra la distancia entre cada par de puntos y devuelve la máxima.

```
def transform (vec_keypoints, A):
    vector = vec_keypoints.copy()
    return  remove_ones(np.dot(add_ones(vector), A))
```

Figura 3 – Multiplicación de la matriz de transformación A, con el vector de puntos del usuario

De manera simplificada se pude observar el algoritmo en el siguiente diagrama.

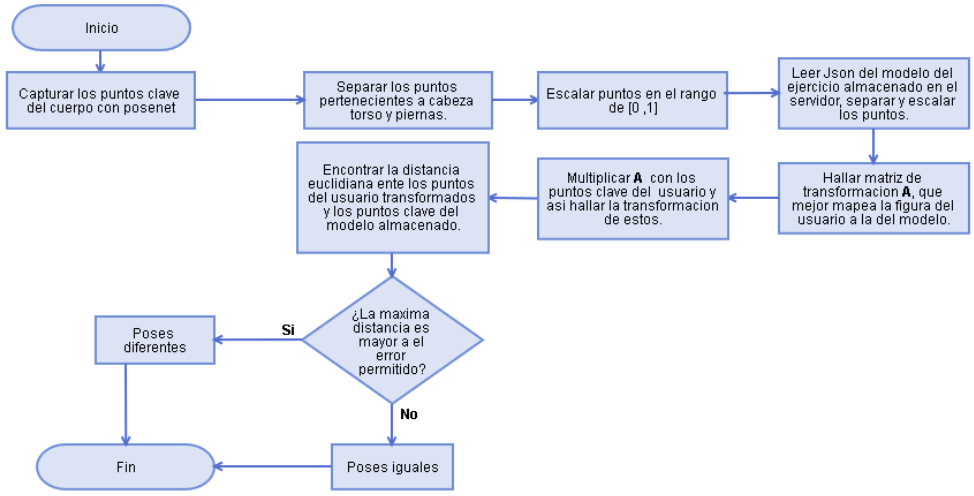


Figura 4 – Método que halla las distancias entre cada uno de los puntos.

Todo el código fuente de la aplicación así como instrucciones para su ejecución se encuentran en Herrera, Niño, Montenegro, Gaona (2020).

4.2. Implementación de la aplicación

La aplicación fue desarrollada con una arquitectura cliente servidor (ver figura 5) que se comunica por medio de SocketIO, librería que esta implementada tanto en Python como en JavaScript. El servidor está constituido por una aplicación realizada en Flask que consume la lógica del validador desarrollada en Python expuesta en el punto anterior. El componente de los modelos de las imágenes a comparar es compartido entre el servidor para su envió a la aplicación cliente y el validador para realizar las comparaciones entre posturas. Del lado del cliente se hizo uso de una aplicación en JavaScript que recibe las rutinas por medio del puerto establecido por el SocketIO y envía los puntos clave del usuario por el mismo. Esta aplicación consume las imágenes obtenidas por medio de la etiqueta de video en HTML y las envía al componente de PoseNet para obtener los puntos clave del usuario.

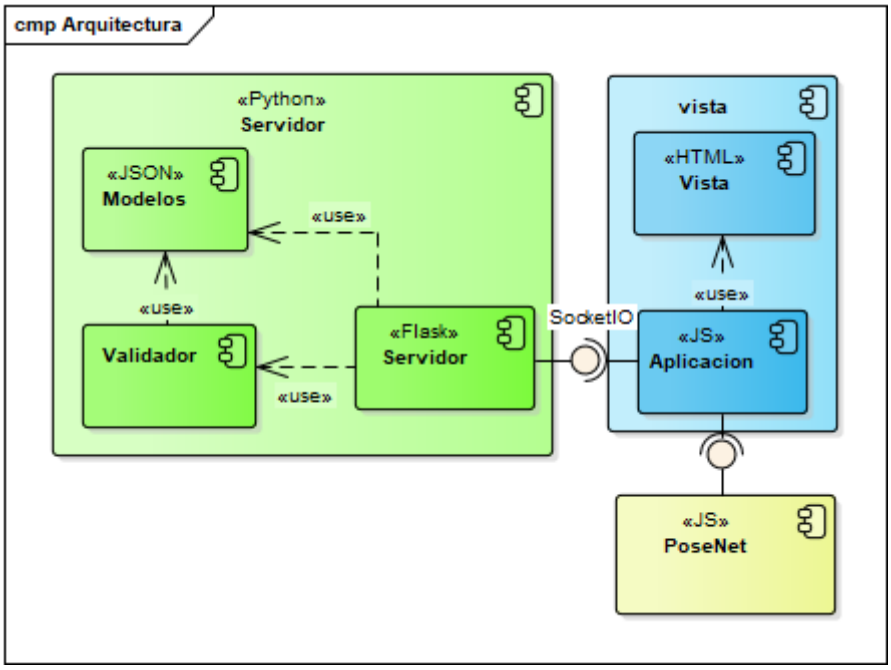


Figura 5 – Diagrama de componentes del aplicativo.

Al enviar el Json con los puntos clave de la pose que realiza el usuario, se ejecuta el método *"compare"* el cual realiza llamados a las funciones explicados en la sección 4.1.

Una vez comparadas las posturas es retornado por medio SocketIo al Front End un valor booleano que determine si son o no similares.

5. Análisis de resultados.

Para medir el desempeño se crearon seis escenarios de prueba, cada uno con 100 muestras y de ellas se obtuvo el error máximo y el error cuadrático medio generado entre ambas poses. Los primeros cinco escenarios de prueba constan de una persona imitando una postura en específico, cada una con una postura diferente. En el caso de prueba número seis se calificó la postura número dos, pero la persona imitaba la postura número uno.

Escenario	Pose	Error máximo	Error Cuadrático Medio
1	1	0,103792816	0,002283693
2	2	0,184293252	0,003307638
3	3	0,072997818	0,000448585
4	4	0,233210334	0,006463411

Escenario	Pose	Error máximo	Error Cuadrático Medio
5	5	0,104174766	0,002642385
6	Pose 1 vs 2	0,188151584	0,001574951

Tabla 1 – Error máximo y cuadrático para los casos de prueba.

Las posturas número 3 y 5 (ve10^{-2}ıra 7) presentaron el mayor desempeño obteniendo el error más bajo del orden de , estas posturas se caracterizaban por la posición de las manos y una postura recta, lo que facilitaba la detección y por tanto la comparación entre estas.

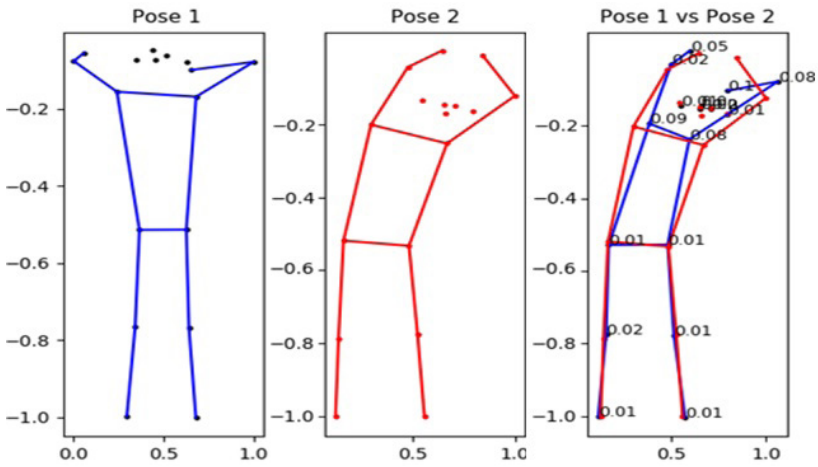


Figura 6 – Comparación de poses escenario 6.

La postura número 2, estaba conformada por una contracción en la espalda hacia el costado derecho, llevando las manos a la parte superior de la cabeza y estas a su vez entrelazadas (ver Figura 6). Esta pose con un error de 0.184 genera problemas tanto en la identificación de los puntos clave de la persona como en la comparación, ya que al estar los brazos entrelazados el modelo de TensorFlow tiene que suponer la ubicación del brazo oculto, generando una seguridad en la predicción del 0.7472. Adicionalmente en el caso de prueba número 6 viendo esta falencia se buscó mantener la postura erguida y los brazos por encima de la cabeza como en la postura número uno, el error en este caso se redujo hasta 0.104 ya que el proceso de mapeo de los puntos de capturados a los puntos con los que se comparan, realiza la contorción de la espalda generando posturas similares.

En el cuarto escenario se obtuvo el mayor error de 0.23 debido al tipo de pose que se buscaba detectar. Esta se caracterizaba por medio cuerpo oculto, permitiendo a la cámara capturar solo un costado, de esta manera el modelo de TensorFlow arrojo una certeza de 0.81 en la identificación de los puntos clave del cuerpo y por consiguiente fue la pose con mayor dificultad de imitar.

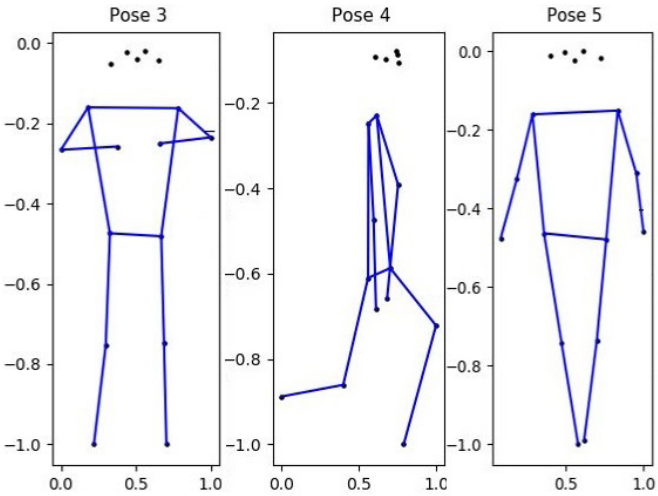


Figura 7 – Poses 3, 4 y 5

6. Conclusiones

Usando un algoritmo de detección de puntos se desarrolló un método que compara posturas humanas, el cual traslada cada par de puntos clave del cuerpo humano al modelo con el cual se compara con un error del orden de10^{-2}, y un error cuadrático medio del orden de 10^{-4}, como en el escenario 3 con un error de 0.073. Sin embargo, se encontró que las posturas que tienen obstrucción parcial o total de las extremidades del cuerpo incurren en un porcentaje mayor de error, debido a la aproximación que realiza PoseNet sobre la ubicación de la misma, como en el escenario de prueba 4 con un error de 0.23.

Se ilustro como puede ser desarrollada una solución basada en Tensorflow y Python que permite obtener y comparar posturas sin dispositivos especiales como el Kinect que ha sido muy usado hasta ahora, lo que ayuda a disminuir los costos de implementar una aplicación como la mostrada. Adicionalmente la aplicación desarrollada es capaz de adaptarse dinámicamente a nuevos ejercicios futuros ya que esta no se encuentra limitada por validaciones de estructuras de control tipo *"if"* por cada pose a comprar.

La cámara en el computador o dispositivo móvil es capaz de captar los movimientos y estos permiten al algoritmo hacer la comparación de figuras, sin embargo, existen ejercicios de pausa activa que requieren la aplicación de cierta fuerza sobre los músculos que la cámara no es capaz de detectar, una posible mejora es la inclusión de un mecanismo que permita medir la fuerza aplicada por el usuario en cada ejercicio de pausa activa que desarrolla.

Una desventaja que este método comparte con el Kinect es que en ambos se requiere que el usuario se encuentre a una distancia suficiente de la cámara para que esta capte todo el cuerpo, aunque esta distancia puede variar dependiendo las características del dispositivo.

El algoritmo desarrollado para determinar si dos poses humanas son iguales no está limitado a rutinas de pausas activas como se usa en este proyecto, o solo a Posenet con TensorFlow es válido también con otro tipo de ejercicios físicos y cualquier otro modelo que le proporcione los puntos clave del cuerpo humano que analizar.

Referencias

Antunes, A. A. (2004). Sistemas XYZ. In Sousa A. J. (Ed.), Tecnologias Internet. Lisboa: Editora Xxxpto.

Deb, S., Sharan, A., Chaturvedi S., Arun, A., Gupta, A., (2019)., Interactive Dance Lessons through Human Body Pose Estimation and Skeletal Topographies Matching. *International Journal of Computational Intelligence & IoT*, 2(4). Retrived from SSRN: https://ssrn.com/abstract=3361142

Díaz, X., Mardones, M., Mena, C., Rebolledo, A., & Castillo, M. (2011) Pausa activa como factor de cambio en actividad física en funcionarios públicos. *Revista Cubana de Salud Pública*, 37(3), 303-313. Recuperado en 19 de agosto de 2019, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662011000300011&lng=es&tlng=es.

Herrera, F. Niño, R, Montenegro, C. Gaona, P (2020) *FabRigo Modelo informatico para el monitoreo y control de rutinas de pausas activas en trabajadores*. Recuperado de https://github.com/rodrodogo/FabRigo--Modelo-informatico-para-el-monitoreo-y-control-de-rutinas-de-pausas-activas-en-trabajadores.

Hou, Y., Yao, H., Li, H., & Sun, X. (2017). *Dancing like a superstar: Action guidance based on pose estimation and conditional pose alignment. 2017 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*. doi:10.1109/icip.2017.8296494

Januario, L. B., Moreira, R. de F. C., Cid, M. M., Samani, A., Madeleine, P., & Oliveira, A. B. (2016). Effects of active pause pattern of surface electromyographic activity among subjects performing monotonous tasks: A systematic review. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 30, 196–208. doi:10.1016/j.jelekin.2016.07.009

Jutinico, C.J.M., Montenegro-Marin, C.E., Burgos, D. & Gonzalez, R. (2018). Natural language interface model for the evaluation of ergonomic routines in occupational health (ILENA). *Ambient Intell Human Comput*. https://doi.org/10.1007/s12652-018-0770-y

Kayembe, M (2012). *Human Posture Recognition And Good Posture Recommendation*. (Tesis de maestria en Ciencias de la computacion), universidad de Nairobi, Nairobi.

Kumar, A., Kumar, A., Singh, S., & Kala, R. (2019). Human Activity Recognition in Real-Times Environments using Skeleton Joints. Retrieved 28 August 2019, from https://www.ijimai.org/journal/node/1161

León-Sigg, María de, Vázquez-Reyes, Sodel, & Villa-Cisneros, Juan L.. (2017). Factores que Afectan la Adopción de Tecnologías de Información en Micro y Pequeñas empresas: un Estudio Cualitativo. RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (22), 20-36. https://dx.doi.org/10.17013/risti.22.20-36

Liu, Y., Xu, Y., & Li, S. (2018). *2-D Human Pose Estimation from Images Based on Deep Learning: A Review. 2018 2nd IEEE Advanced Information Management,Communicates,Electronic and Automation Control Conference (IMCEC)*.doi:10.1109/imcec.2018.8469573

Martinez, J, & Manuel, J. (2018). S*istema de Visión Artificial para la Detección y Corrección de Posturas en Ejercicios realizados por Fisicoculturistas*. (Tesis para Ingenieros en computación), Departamento de ingenieria, Universidad autónoma del estado de México, Toluca.

Owen, N., Sugiyama, T., Eakin, E. E., Gardiner, P. A., Tremblay, M. S., & Sallis, J. F. (2011). *Adults' Sedentary Behavior. American Journal of Preventive Medicine, 41(2), 189–196*.doi:10.1016/j.amepre.2011.05.013

Rocha, Á. (2012). Framework for a Global Quality Evaluation of a Website. *Online Information Review, 36*(3), 374-382. doi:10.1108/14684521211241404

Rodríguez, C., & Dorado, R. (2015). ¿Por qué implementar Scrum?. Revista Ontare, 3(1), 125-144. https://doi.org/10.21158/23823399.v3.n1.2015.1253

St-Onge, N., Samani, A., & Madeleine, P. (2017). *Integration of active pauses and pattern of muscular activity during computer work. Ergonomics, 60(9), 1228–1239*.doi:10.1080/00140139.2017.1303086

Uribe-Quevedo A., Perez-Gutierrez B. (2013) Interactive Pose Estimation for Active Pauses. In: Stephanidis C. (eds) HCI International 2013 - Posters' Extended Abstracts. HCI 2013. Communications in Computer and Information Science, vol 373. Springer, Berlin, Heidelberg

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 08/10/2019
Aceitação/Acceptance: 06/12/2019

Governança de TI em PMEs: proposta de um modelo teórico sob uma ótica interdisciplinar

Rodrigo Franklin Frogeri[1] [2], Daniel Jardim Pardini[1], Ana Maria Pereira Cardoso[1], Liz Áurea Prado[2], Fabrício Peloso Piurcosky[2], Pedro dos Santos Portugal Júnior[2]

rodrigoff@fumec.edu.br, pardini@fumec.br, ana.cardoso@fumec.br, liz.prado@professor.unis.edu.br, fabricio@unis.edu.br, pedro.junior@professor.unis.edu.br

[1] Universidade FUMEC, R. Cobre, 200 - Cruzeiro, Belo Horizonte - MG, 30310-190, Brasil.

[2] Centro Universitário do Sul de Minas - UNISMG, Avenida Alzira Barra Gazzola, 650 - Aeroporto, Varginha - MG, 37031-099, Brasil.

Pages: 286–304

Resumo: A simples adoção de Tecnologia da Informação (TI) por pequenas e médias empresas (PMEs) não influencia diretamente na agregação de valor aos negócios, mas deve ocorrer de forma alinhada com as estratégias organizacionais. O alinhamento da TI com os negócios é discutido no âmbito da governança de TI (GTI) e pode ser alcançado por meio do desenvolvimento de uma visão unificada da adoção de TI em prol da criação de valor comercial. Nesse sentido, este estudo teve como objetivo apresentar os fundamentos teóricos para um modelo de GTI no contexto de PMEs. Para fundamentar a proposta de um modelo de GTI no contexto de PMEs foi utilizada uma abordagem interdisciplinar. As literaturas de governança corporativa em PMEs, adoção de TI em PMEs e governança de TI no contexto de PMEs foram consultadas e inter-relacionadas. Adotou-se uma lógica indutiva e epistemologia interpretativista. Após a revisão da literatura, cinco construtos foram definidos e um modelo teórico foi proposto. Confrontou-se o modelo desenvolvido à outras abordagens, e uma ótica destoante da literatura vigente da temática GTI em PMEs foi apresentada.

Palavras-chave: Adoção de Tecnologia da Informação, Governança Corporativa, Governança de Tecnologia da Informação, Pequenas e Médias Empresas, Teoria da Complexidade.

IT governance in SMEs: proposal of a theoretical model through an interdisciplinary perspective

Abstract: The simple adoption of Information Technology (IT) by small and medium enterprises (SMEs) does not directly influence the aggregation of value to business, but should occur in line with organizational strategies. The alignment of IT with business is discussed in the context of IT governance (ITG) and can be achieved through the development of a unified view of the adoption of IT in favor of the creation of commercial value. In this sense, this study aimed to present the theoretical foundations for a model of ITG in the context of SMEs. To base the

proposal of an ITG model in the context of SMEs it was used an interdisciplinary approach. The literature on corporate governance in SMEs, adoption of IT in SMEs and IT governance in the context of SMEs were consulted and interrelated. An inductive logic and interpretive epistemology were adopted. After the literature review, five constructs were defined, and a theoretical model was proposed. The developed model was confronted with other approaches, and a dissimilar view of the current literature of the ITG theme in SMEs was presented.

***Keywords**:* Adoption of Information Technology, Corporate Governance, Information Technology Governance, Small and Medium Enterprises, Complexity Theory.

1. Introdução

As Pequenas e Médias Empresas (PMEs) são consideradas atores fundamentais para uma globalização e crescimento inclusivo (OECD, 2017). Representam cerca de 90% das companhias de todo o mundo e fornecem a base para economias emergentes (Suarez-Ortega, Garcia-Cabrera, & Knight, 2015). Contudo, essa categoria de empresa enfrenta diversos desafios numa economia digital (OECD, 2017). Para minimizar esses desafios várias soluções são sugeridas, incluindo a adoção de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) (Lawrence, 2019). Agências de desenvolvimento econômico têm incentivado as PMEs a adotar TICs como uma tentativa de impulsionar o crescimento dos negócios (OECD, 2017). As TICs aumentam a capacidade das empresas de sobreviver no mercado competitivo do século XXI (OECD, 2017).

O uso efetivo de TICs, no entanto, depende muito da sua boa governança, especialmente pelo impacto no valor gerado pelos investimentos em tecnologias da informação e comunicação (Wu, Straub, & Liang, 2015). A simples aquisição de TICs não representa uma garantia de vantagem competitiva (Carr, 2003), mas deve ocorrer alinhada com o ambiente em que a PME atua e os objetivos estratégicos dos negócios (Carr, 2004; Neirotti, Raguseo, & Paolucci, 2018). Ademais, o mundo das PMEs é diferente das grandes empresas (Devos, Van Landeghem, & Deschoolmeester, 2012a), requerendo que práticas de governança de Tecnologia da Informação (GTI) desenvolvidas para grandes organizações não sejam extrapoladas para esses cenários linearmente (Devos, Van Landeghem, & Deschoolmeester, 2012b). As PMEs são organizações que carecem de recursos humanos, financeiros e de práticas estratégicas. Ao mesmo tempo possuem características organizacionais diversas e estão inseridas em contextos que atuam influenciando suas ações de crescimento (Neirotti & Raguseo, 2017; Neirotti et al., 2018). Essas características diferenciam as PMEs de óticas analíticas aplicadas às grandes empresas, especialmente quando temas que se desenvolveram nas grandes organizações são tratados no âmbito de PMEs (Devos, Landeghem, & Deschoolmeester, 2009b).

A GTI, fundamentada pela governança corporativa (GC) (Korac-Kakabadse & Kakabadse, 2001), desenvolveu-se com estudos aplicados em instituições bancárias (De Haes & Grembergen, 2004) e corporações com abrangência mundial (Weill & Ross, 2004). O estabelecimento de mecanismos de GTI que podem direcionar as práticas de governação da TI nas organizações se difundiu por uma necessidade crescente para atender a marcos regulatórios (De Haes & Grembergen, 2006). A criação de *frameworks* em GTI (ISACA, 2012), normas internacionais (ISO, 2015) e conjuntos de melhores práticas em

TI (Cater-Steel, Toleman, & Tan, 2006; Winniford, Conger, & Erickson-Harris, 2009) se estabeleceram como o caminho correto para a implantação da GTI nas organizações. No entanto, críticas vêm sendo apresentadas pela literatura quanto a adequação dessas práticas em organizações com limitados recursos financeiros e humanos, como é o caso das PMEs (Asgarkhani, Cater-steel, Toleman, & Ally, 2017; Omari, 2016; Silva & Campos, 2017; Youssfi, Boutahar, & Elghazi, 2015).

Em um cenário estruturado sob uma economia global que demanda por estratégias e configurações organizacionais inovativas, as PMEs devem se adaptar não só às novas tecnologias, mas também a práticas que possam reduzir a assimetria de informações entre empreendedores e financiadores (Yoshino & Taghizadeh-hesary, 2018), ampliar a competitividade em mercados globais e alavancar economias em desenvolvimento à medida que se adequam a um cenário mais complexo e com exigências de decisões estratégicas menos intuitivas (OECD, 2018). Ações que proporcionem agregação de valor aos negócios ao passo que alinham as estratégias e objetivos da organização com o uso de TICs podem adequar as PMEs à atual economia (Neirotti & Raguseo, 2017).

Nesse sentido, este estudo teve como objetivo apresentar os fundamentos teóricos para um modelo de GTI no contexto de PMEs. Para nortear o estudo, a seguinte pergunta de pesquisa foi definida: como a governança de TI pode ser observada no contexto de pequenas e médias empresas? Para fundamentar a proposta de um modelo de GTI no contexto de PMEs foi utilizada uma abordagem interdisciplinar. As literaturas de governança corporativa em PMEs, adoção de TI em PMEs e governança de TI no contexto de PMEs (Frogeri et al., 2019) foram consultadas e inter-relacionadas. Após a revisão da literatura, cinco construtos foram definidos (*stakeholders* internos e externos, características ambientais internas e externas, e mecanismos de GTI no contexto de PMEs) e um modelo teórico foi proposto. Confrontou-se o modelo desenvolvido à outras abordagens, e uma ótica destoante da literatura vigente da temática GTI em PMEs foi apresentada.

2. Referencial Teórico

2.1. O Conceito de Pequenas e Médias Empresas

Estudos científicos e revisores de periódicos acadêmicos, muitas vezes, questionam a observação de práticas que, a princípio se desenvolveram no contexto de grandes empresas, mas que são estudadas no cenário de PMEs (Devos, Van Landgehem, & Deschoolmeester, 2014; Frogeri et al., 2019). Assim, nesta seção, busca-se caracterizar o conceito de PME no escopo deste estudo. Organizações de desenvolvimento econômico como a OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) considera que uma PME é aquela empresa que possui menos de 250 funcionários, tanto para a área de serviços quanto de manufatura (OECD, 2005). A União Europeia (EU) classifica uma PME como aquela empresa que possui menos de 251 funcionários. A microempresa na UE deve possuir até 10 funcionários; enquanto a pequena empresa de 10 a 49 funcionários, a média empresa de 50 a 249 e as grandes empresas acima de 250 funcionários. Nos EUA, as pequenas empresas são aquelas que possuem até 100 funcionários e as médias até 500 funcionários (Hammer et al., 2010). Na China, as pequenas empresas devem

possuir entre 10 e 100 funcionários, as médias empresas entre 101 e 300, e as grandes empresas acima de 300 funcionários.

Acredita-se que a diversidade de classificações dada ao conceito de PME pode comprometer os estudos científicos que buscam generalizações no âmbito global ou relações entre os resultados observados em distintos países. Nesse sentido, Torrés e Julien (2005) apresentaram uma desnaturação do conceito clássico de PMEs, considerando as características heterogêneas do ambiente organizacional e refutando o universalismo atribuído às PMEs. Ao contrário do que a grande maioria dos estudos consideram ao abordar o tema PMEs, Torrés e Julien (2005) denotam que uma pequena empresa não é necessariamente um pequeno negócio, uma vez que possuem características distintas que devem ser levadas em consideração na sua classificação. As pequenas empresas com características de grandes negócios são altamente descentralizadas, com um alto nível de especialização laboral, estratégia explícita e de longo prazo, com sistemas de informação internos e externos complexos e formais, e possuem atuação em mercados globais (Torrès & Julien, 2005). Na mesma linha de pensamento de Torrés e Julien (2005), Neirotti, Raguseo e Paolucci (2018) consideram que o tamanho de uma PME está associado a práticas estratégicas, ciclo de vida organizacional e dimensões da estrutura organizacional. As discussões permitem inferir que práticas associadas às grandes empresas, como por exemplo a governança de TI (Korac-Kakabadse & Kakabadse, 2001), podem ser observadas em organizações como PMEs desde que seja considerado o contexto do ambiente ao qual a PME está envolvida e as suas características de negócios.

2.2. Governança de TI e as PMEs

De Haes e Grembergen (2004) consideram como elemento chave da GTI o alinhamento da TI com os negócios para obtenção de valor comercial (agregação de valor). Os autores argumentam que a separação do complexo problema da GTI em partes menores não atende aos desafios que o campo impõe, e sugerem uma abordagem holística que combina processos, mecanismos relacionais e estruturas. A agregação de valor com a TI poderia ser obtida por meio desses três elementos (De Haes & Grembergen, 2004). Os estudos de De Haes e Grembergen em conjunto com os resultados de Weill e Ross (2004) direcionaram o desenvolvimento de práticas de mercado para a GTI. Com o estabelecimento de um modelo de GTI, um considerável número de pesquisas vem sendo desenvolvida com o intuito de medir a aplicação de mecanismos de GTI e a sua relação com a performance das organizações (Joshi, Bollen, Hassink, De Haes, & Grembergen, 2017; Wu et al., 2015). Contudo, críticas são apresentadas pela literatura de GTI quanto a adoção de ferramentas, modelos e melhores práticas de mercado por parte das organizações, em especial, aquelas que contam com limitados recursos financeiros e humanos. Argumenta-se que a abrangência das práticas de GTI do mercado (ex. COBIT), somada com a necessidade de mudanças em processos ou a criação de novos, recursos humanos especializados, custos com consultoria e treinamento, e inflexibilidade dificulta a sua aplicação em grande parte das organizações, especialmente as de pequeno e médio porte (Asgarkhani et al., 2017; Omari, 2016).

Discute-se que as PMEs não constituem um grupo homogêneo e uma postura idiográfica para estudar fenômenos que se desenvolveram por meio da literatura para grandes corporações é necessária (Devos et al., 2009b, 2012a). Assim como nas grandes

organizações, as TICs podem gerar valor aos negócios de PMEs. Nesse sentido, Neirotti e Raguseo (2017) buscaram compreender a agregação de valor em PMEs por meio de recursos baseados em TI orientados internamente (TI OI) e externamente (TI OE). Entende-se por um recurso de TI OI, as "habilidades e conhecimentos acumulados que ajudam a oferta de produtos, serviços confiáveis e minimizam os custos indiretos (*back-office* de produção, suporte operacional)" (Dale Stoel & Muhanna, 2009, pp. 182). Já os recursos de TI OE são considerados "pacotes de recursos, habilidades e conhecimentos relacionados a TI que ajudam a empresa a perceber e responder de maneira oportuna a mudanças em seus mercados e mudanças nas necessidades de clientes e fornecedores" (Dale Stoel & Muhanna, 2009). Os recursos de TI com orientação interna e externa propostos por Dale Stoel e Muhanna (2009) e Neirotti e Raguseo (2017) têm estreita relação com o modelo de alinhamento estratégico entre TI e negócios proposto por Henderson e Venkatraman (1993). Os quatro domínios estabelecidos por Henderson e Venkatraman (1993) podem ser observados nos recursos de TI OI e OE. A integração entre as estratégias de negócios e TI leva à agregação de valor e vantagem competitiva (recurso de TI OE), enquanto a integração entre infraestrutura e processos organizacionais com a TI desenvolve a organização internamente (recurso de TI OI). Ressalta-se que Henderson e Venkatraman (1993) consideram que essas estratégias estão inter-relacionadas e devem ser pensadas em conjunto. Neirotti et al. (2018) argumentam que para promover as capacidades organizacionais por meio de TI, é necessário o desenvolvimento de competências técnicas e gerencial. Esta pré-condição é denotada por Pavlou e Sawy (2006) como competências de alavancagem de TI. Em essência, as competências de alavancagem de TI propostas por Pavlou e Sawy (2006) estão associadas aos mecanismos de governança de TI (Xue, Ray, & Sambamurthy, 2012; Xue, Liang, & Boulton, 2008). Neirotti et al. (2018) complementam que o contexto em que a PME atua tem significativo impacto nas estratégias organizacionais que envolvem TI, sendo discutido a seguir.

2.3. Fundamentos teóricos e o contexto das PMEs

Influências do ambiente interno de uma PME como capacidades cognitivas dos seus funcionários e proprietários-gestores (CEO), valores, crenças, relações interpessoais, estruturas de decisão, entre outras características podem impactar em práticas estratégicas nessas organizações (Bergeron, Croteau, Uwizeyemungu, & Raymond, 2015). De forma semelhante, o ambiente externo ao qual a PME está envolvida como ambientes munificentes, competitivos, dinâmicos ou complexos podem representar considerável influência nas práticas corporativas (Neirotti & Raguseo, 2017; Neirotti et al., 2018). As PMEs, assim como grandes organizações, precisam se preocupar com forças exercidas sobre a organização por agentes externos, como: fornecedores, clientes, órgãos de regulamentação, entre outros. No contexto interno, funcionários dos níveis mais baixos da hierarquia, bem como gerentes de área podem atuar como fatores de desenvolvimento ou resistência às mudanças estratégicas, particularmente em práticas que envolvem tecnologias da informação (Bergeron et al., 2015; Ghobakhloo, Hong, Sabouri, & Zulkifli, 2012; Nguyen, Newby, & Macaulay, 2015).

Acredita-se que teorias organizacionais que observam a influência do ambiente e de atores internos e externos (*stakeholders*) nos negócios consideram a complexidade de

uma era digital e dinâmica (Korac-Kakabadse & Kakabadse, 2001), apoiando lentes interdisciplinares dos fenômenos do mundo pós-moderno. A Teoria dos *Stakeholders* (Freeman, Harrison, Wicks, Parmar, & Colle, 2010), tem compatibilidade com todas as demais teorias organizacionais (Freeman et al., 2010) e proporciona uma visão holística da organização, acreditando-se ser adequada para o propósito deste estudo. Considerou-se como *stakeholders* indivíduos ou grupos que com maior poder, legitimidade e urgência podem influenciar a adoção de mecanismos de GTI em uma PME (Freeman et al., 2010; Messabia & Elbekkali, 2010).

Para a identificação dos *stakeholders* no contexto estudado, as literaturas de adoção de TI em PMEs e GTI em PMEs (Frogeri et al., 2019) foi consultada. Oliveira e Martins (2011), Arpaci et al. (2012) e Santos et al. (2016) revisaram a literatura para identificar os principais modelos de adoção de TI, evidenciando dois grupos: os modelos que avaliam a adoção de TI no nível individual e aqueles que avaliam no nível organizacional. Santos et al. (2016) destacam que os estudos que envolvem a adoção de TI em PMEs utilizam, especialmente, quatro modelos ou teorias, a saber: o modelo de Difusão da Inovação - DOI (Rogers, 1995); o modelo Tecnologia, Organização e Ambiente (*Technology, Organization and Environment* - TOE) proposto por Tornatzky e Fleischer (1990); a Teoria Institucional, proposta por DiMaggio e Powell (2000); e o estudo de Iacovou, Benbasat e Dexter (1995), que frequentemente é utilizado em conjunto com a Teoria Institucional e a TOE. Esses modelos consideram tanto aspectos ambientais quanto individuais no estabelecimento de construtos que expliquem a inovação ou a adoção de TI.

Considerando os construtos utilizados nas teorias para a adoção de TI em PMEs, discute-se que o proprietário-gestor de uma PME, dotado de um maior nível de escolaridade, com um perfil inovador, níveis mais elevados de conhecimento em TI, com postura de liderança, boa comunicação interpessoal e reconhecimento da TI como fator agregador de valor aos negócios (Bergeron et al., 2015; Ghobakhloo et al., 2012; Jankelová, 2017) pode influenciar uma PME em adotar mecanismos de GTI. De forma análoga, profissionais de TI com bom conhecimento da área de negócios da organização, credibilidade com líderes setoriais, reconhecimento da TI como fator de agregação de valor à organização e habilidades em GTI podem influenciar na adoção de mecanismos de GTI (Bergeron et al., 2015; Put, 2012; Weill & Ross, 2004).

Na ótica de De Haes e Grembergen (2004), a GTI se estrutura por meio de mecanismos relacionais, que envolve a relação entre o setor de TI e os demais departamentos da organização na busca pelo estabelecimento de estratégias organizacionais. Nesse contexto, gerentes de área com conhecimento em TI e com bom relacionamento interpessoal com os profissionais em TI pode influenciar no desenvolvimento de mecanismos de GTI (Curry, Marshall, & Kawlek, 2016; Ghobakhloo et al., 2012; Sambamurthy & Zmud, 1999); assim como, usuários em TI com conhecimento na área podem observar o potencial da TI para o seu setor e influenciar na adoção de mecanismos de GTI, como por exemplo, por meio de novos processos (Ghobakhloo et al., 2012; Thomas, 2010). Assim, estabeleceu-se o seguinte pressuposto: P1: ***Stakeholders*** internos influenciam a adoção de mecanismos de GTI em PMEs.

Um ambiente organizacional está associado a um contexto maior composto por relações internas e externas entre os seus elementos (Iacovou et al., 1995; Peterson, 2004;

Tornatzky & Fleischer, 1990). Assim como os *stakeholders* que compõem as relações internas da organização, tem-se aqueles que influenciam e são influenciados pelas práticas organizacionais externamente. No contexto da GTI, os *stakeholders* externos foram observados como indivíduos ou grupos que podem influenciar a adoção da GTI em PMEs. Destarte, estabeleceu-se o seguinte pressuposto: **P2: *Stakeholders* externos influenciam a adoção de mecanismos de GTI em PMEs.** Argumenta-se que PMEs com maior dependência de terceiros na TI pode exigir práticas de governança normativa formais de forma a minimizar os riscos inerentes a esse tipo de relação (Devos, Landeghem, & Deschoolmeester, 2009a). Parceiros comerciais de PMEs, na busca por uma coordenação na troca de dados e informações gerenciais, podem influenciar a organização a adotar práticas de controle de processos internos para se adequar à demanda (Ghobakhloo et al., 2012). Da mesma forma, fornecedores, órgãos reguladores, instituições financeiras e auditores podem exigir da PME práticas que garantam confiabilidade e segurança às informações digitais, bem como mecanismos normativos e estruturais que suportem essas ações (DiMaggio & Powell, 2000; Ghobakhloo et al., 2012; Iacovou et al., 1995). Um dos *stakeholders* que mais podem influenciar as mudanças organizacionais em PMEs são os clientes (Ghobakhloo et al., 2012; Jankelová, 2017; Nguyen et al., 2015). A exigência por mudanças pode levar a PME a se ressignificar em termos estruturais influenciando práticas de GTI. Sob uma mesma perspectiva, concorrentes podem se desenvolver tecnologicamente e obter vantagem competitiva por meio da TI, pressionando o ecossistema da PME a se adequar às novas práticas (DiMaggio & Powell, 2000; Ghobakhloo et al., 2012; Iacovou et al., 1995). Os vendedores e/ou consultores externos de TI podem influenciar nas práticas de GTI ao atuarem como especialistas no campo de negócios e direcionar ações estratégicas às PMEs. Discute-se que, em muitas situações, a opinião desses *stakeholders* estão direcionadas à venda de produtos e, caso a PME não tenha um planejamento estratégico prévio, pode realizar investimentos desalinhados com os seus objetivos (Ghobakhloo et al., 2012).

A influência de *stakeholders*, sejam eles internos ou externos, ocorrerá dentro de um contexto ao qual a organização está inserida. Denominou-se características do ambiente interno e externo da organização os contextos (interno e externo) ao qual as PMEs estão envolvidas (Ferraz & Ferraz, 2015). As características do ambiente interno da organização podem ter considerável influência na adoção de mecanismos de GTI por envolver aspectos sociais, estruturais e processuais. Sob esse construto foi estabelecido o seguinte pressuposto: **P3: As características internas da organização influenciam a adoção de mecanismos de GTI em PMEs.** A composição do construto "características ambientais internas" envolve diferentes tipos de elementos. Aspectos sociais como a cultura organizacional, estrutura organizacional, nível de integração vertical e concentração de propriedade no proprietário-gestor de uma PME podem impactar na adoção de mecanismos de GTI por se fundamentarem em práticas de governança corporativa que, geralmente, são observadas nas PMEs (Belghitar & Khan, 2013; Calabrò & Mussolino, 2013). Ações processuais como a formalização de processos, ações competitivas, necessidade por processamento de um grande volume de informações e o nível de dependência da TI diferenciam as PMEs e suas demandas por controle e adoção de estruturas de governança (Ghobakhloo et al., 2012; Neirotti et al., 2018; Wilkin, 2012).

De forma semelhante, as características externas do ambiente apresentam significativa influência na adoção de mecanismos de GTI em PMEs (Bergeron et al., 2015; Devos et

al., 2009b, 2009a; Devos, Van Landeghem, & Deschoolmeester, 2012b). Características externas se referem ao contexto ao qual a empresa está inserida (localização, setor, abrangência, entre outras) e pode variar ao longo do tempo ou de acordo com políticas nacionais, estaduais ou municipais (Devos, Van Landgehem, & Deschoolmeester, 2014). O contexto externo das organizações é tema que chama a atenção dos pesquisadores por influenciar diferentes práticas organizacionais (Chen, Zeng, Lin, & Ma, 2017). A incerteza de ambientes dinâmicos e as características dos cenários complexos, competitivos e munificentes podem apresentar variadas influências sobre uma organização (Neirotti et al., 2018; L. Xue et al., 2012). As PMEs, por possuírem distintas configurações internas, são *lócus* de pesquisa passíveis de apresentarem comportamentos destoantes das grandes organizações (Dale Stoel & Muhanna, 2009; Neirotti et al., 2018). Sob esse construto foi estabelecido o seguinte pressuposto: **P4: As características do ambiente externo da organização influenciam a adoção de mecanismos de GTI em PMEs.**

Por fim, o último construto considerado para este estudo são os mecanismos de GTI. Wilkin (2012) adaptou os mecanismos de GTI propostos por De Haes e Grembergen (2004) ao contexto de PMEs e foram considerados neste estudo. Mecanismos de GTI podem ser observados como práticas que permitem à organização alinhar as suas estratégias organizacionais com as tecnologias da informação. Todavia, influências internas e externas podem dificultar esse alinhamento levando as PMEs a investirem em TI sem que as suas capacidades de TI agreguem valor aos negócios. Considera-se que práticas de GTI voltadas para capacitar a TI internamente (TI OI) não proporcionam geração de receitas à organização por meio da TI, mas contribuem para melhorar processos e a qualidade da informação internamente. De outro modo, as capacidades de TI orientadas externamente (TI OE) estão direcionadas ao desempenho organizacional, ganho de competitividade por meio da TI e alavancagem dos negócios (Dale Stoel & Muhanna, 2009; Neirotti & Raguseo, 2017; Neirotti et al., 2018). Assim, definiu-se como pressuposto básico para o construto mecanismos de GTI a seguinte assertiva: **P5: Mecanismos de GTI influenciam as capacidades de TI orientadas internamente e externamente.**

3. Metodologia

Neste estudo, adotou-se uma abordagem interdisciplinar, qualitativa, sob uma lógica indutiva e epistemologia interpretativista. Coimbra (2000) conceitua interdisciplinaridade quando duas ou mais disciplinas intencionalmente estabelecem nexos e vínculos entre si para alcançar um conhecimento mais abrangente, ao mesmo tempo diversificado e unificado. Não foi objetivo deste estudo medir construtos ou variáveis, mas observar aspectos teóricos relacionais dos temas discutidos. Em relação ao pensamento indutivo, Cervo, Bevian e Silva (2006, pp. 36) consideram que "as premissas de um argumento indutivo correto sustentam ou atribuem certa verossimilhança à sua conclusão". Em outras palavras, o método indutivo permite admitir "possíveis verdades" do objeto de estudo. A indução direcionou os aspectos analíticos deste estudo. Por fim, a epistemologia interpretativista foi adotada para uma melhor compreensão do contexto e do processo pelo qual o fenômeno da GTI influencia e é influenciado por esse mesmo contexto (Walsham, 1993). Para a seleção dos estudos utilizados neste trabalho, realizou-se buscas nas principais bases de dados acadêmicas, conforme Tabela 1.

Base de dados	Disciplina				
	Governança Corporativa em PMEs	Total	Adoção de TI em PMEs	Total	GTI em PMEs
Web of Science	TI=(corporate governance AND SME) OR TI=(corporate governance AND SME) OR TI=(corporate governance A ND “Small and Medium-sized Enterprises”)	9	TI=(IT adoption AND SME) OR TI=(Information Technology adoption AND SME) OR TI=(Information Technology adoption AND “Small and Medium-sized Enterprises”)	6	Considerou-se o estudo de Frogeri et al. (2019) por apresentar o Estado da Arte da GTI em PMEs.
Scopus	(TITLE (corporate AND governance) AND TITLE (sme) OR TITLE (corporate AND governance) AND TITLE (small AND medium-sized AND enterprises))	3	(TITLE (it AND adoption) AND TITLE (sme) OR TITLE (it AND adoption) AND TITLE (small AND medium-sized AND enterprises) OR TITLE (information AND technology AND adoption) AND TITLE (sme) OR TITLE (information AND technology AND adoption) AND TITLE (small AND medium-sized AND enterprises))	1	
IEEE Xplore	((((“Document Title”:CORPORATE GOVERNANCE) AND “Document Title”:SME) OR “Document Title”:CORPORATE GOVERNANCE) AND “Document Title”:small and medium-sized enterprises)	2	(((((((“Document Title”:IT adoption) AND “Document Title”:SME) OR “Document Title”:IT adoption) AND “Document Title”:small and medium-sized enterprises) OR “Document Title”:Information Technology Adoption) AND “Document Title”:SME) OR “Document Title”:Information Technology Adoption) AND small and medium-sized enterprises)	2	
EBSCOhost	TI corporate governance AND TI sme OR TI corporate governance AND TI small and medium sized enterprises OR corporate governance AND small and medium-sized enterprises	1	TI IT adoption AND TI sme OR TI IT adoption AND TI small and medium sized enterprises OR Information Technology Adoption AND small and medium-sized enterprises OR Information Technology Adoption AND sme	0	
Emerald insight	title: “corporate governance” AND (title:”SME”) OR (title: “corporate governance”) AND (title: “small and medium-sized enterprises”) OR (title: “corporate governance”) AND (title: “small and medium sized enterprise”)	2	title:”IT adoption” AND (title:”sme”) OR (title: “IT adoption”) AND (title: “small and medium-sized enterprises”) OR (title: “Information Technology Adoption”) AND (title: “small and medium sized enterprise”)OR (title:”Information Technology Adoption”) AND (title:”sme”)	3	
Total		**17**		**12**	**31**

Tabela 1 – Revisão sistemática da literatura.

As buscas foram realizadas entre os meses de junho e julho de 2019. O campo de busca foi o título dos estudos, com o objetivo de identificar trabalhos alinhados com os temas pesquisados. Um total de 60 estudos foram analisados na íntegra e aqueles que apresentaram características de interdisciplinaridade entre os temas governança corporativa em PMEs, adoção de TI em PMEs e governança de TI em PMEs foram considerados (critério de inclusão – 53 estudos). Desconsiderou-se trabalhos que, apesar de envolver o tema da busca, não permitiam estabelecer relações interdisciplinares (critério de exclusão – 7 estudos).

4. Análises e Discussões

Para representar graficamente o modelo de GTI em uma PME, desenvolveu-se a Figura 1. O modelo sugere que o estabelecimento de mecanismos de GTI são influenciados pelas características ambientais internas (**P3**) e externas (**P4**) ao qual a PME está envolvida e, ainda, por *stakeholders* internos (**P1**) e externos (**P2**). Buscamos suporte na Teoria dos *Stakeholders* para considerar que a GTI em uma PME é influenciada por uma constelação de interesses cooperativos e competitivos que possuem um valor intrínseco. Essa ótica da Teoria dos *Stakeholders* permite descrever grupos de interesses internos ou externos à organização que influenciam nas práticas organizacionais (Donaldson & Preston, 1995). No contexto estudado, considerou-se que as práticas organizacionais estão associadas ao alinhamento entre TI e negócios (fundamento da GTI).

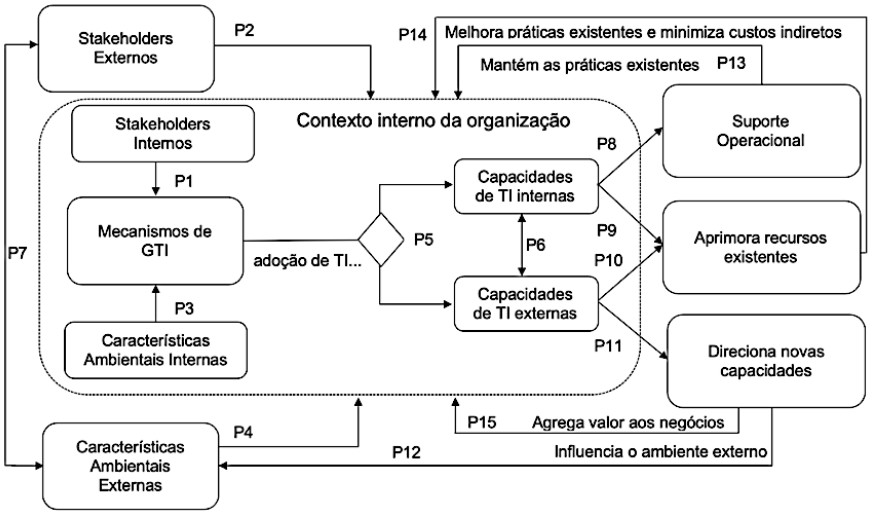


Figura 1 – Modelo teórico-relacional entre adoção de TI e GTI no contexto de PMEs.

Pressupõe-se que maiores níveis de mecanismos de GTI direcionam a adoção de TI com consequentes capacidades (internas ou externas) em TI (**P5**). As capacidades em TI internas podem tanto aprimorar práticas já existentes (**p9** e **P14**) quanto fornecer suporte operacional (**P8** e **P13**) para os recursos atuais. As capacidades de TI externas são

direcionadas para a agregação de valor aos negócios e vantagem competitiva (**P11**), mas devem ser desenvolvidas em consonância com a adequação de práticas existentes (**P6**) (Dale Stoel & Muhanna, 2009; Henderson & Venkatraman, 1993; Neirotti & Raguseo, 2017). A geração de valor aos negócios por meio da TI pode ser fundamentada pela teoria da Visão Baseada em Recursos - *Resource Based View* - RBV). A RBV preconiza que a vantagem competitiva de uma organização está na aplicação de um conjunto de valiosos recursos tangíveis ou intangíveis que estão à disposição da empresa. A rentabilidade da organização está na sua capacidade de equilibrar o valor que cria e o valor que efetivamente capta (Piccoli & Ives, 2005). O papel da TI está em apoiar a criação e captura de valor por meio de sua capacidade de aprimorar recursos existentes na organização e/ou direcionar novas capacidades (TI OI e OE). O estabelecimento das estratégias para o alinhamento TI/negócios é definido no âmbito dos mecanismos de GTI (De Haes & Grembergen, 2004; Weill & Ross, 2004; Wilkin, 2012) que recebe influências positivas e/ou negativas do ambiente (interno e externo) e de indivíduos (DiMaggio & Powell, 2000; Iacovou et al., 1995; Rogers, 1995; Tornatzky & Fleischer, 1990).

O desenvolvimento de maiores capacidades em TI com orientação externa (TI OE) (**P11**) influenciam o ecossistema ao qual a organização está inserida (**P12**); podendo aumentar o nível de competitividade do mercado e pressionar concorrentes (**P7**), que tenderão a um isomorfismo mimético ou coercitivo para adotar tecnologias da informação que proporcionaram vantagem competitiva aos primeiros adotantes (DiMaggio & Powell, 2000). Acredita-se que os primeiros adotantes de tecnologias inovativas terão vantagem competitiva e maior agregação de valor aos negócios por meio de TI (Rogers, 1995). Em ambientes pouco competitivos e de baixa dinamicidade esses adotantes tenderão a se manter na vanguarda e à frente dos concorrentes até que novos atores adotem a inovação já difundida (Neirotti et al., 2018). Nesse cenário, as capacidades de TI OE tenderão a se tornar capacidades de TI com orientação interna (TI OI) (**P6**), por não mais gerar valor e proporcionar vantagem. Num contexto de maior competição, complexidade e dinamicidade do ambiente, as práticas organizacionais em TI tenderão a ser homogêneas (DiMaggio & Powell, 2000; Neirotti et al., 2018; Xue et al., 2012). Nesse cenário, as organizações com maiores competências de alavancagem de TI poderão desenvolver artefatos de TI com capacidade inovativa para se diferenciarem dos concorrentes (Neirotti et al., 2018; Xue et al., 2012). Em ambos os cenários discutidos, acredita-se que maiores níveis de mecanismos de GTI poderão tanto direcionar a adoção de novas capacidades em TI quanto desenvolver recursos existentes (Giannopoulos, 2017; Piccoli & Ives, 2005).

O modelo proposto (Figura 1) pode ser confrontado com o *framework* de GTI em PMEs proposto por Bergeron et al. (2015). Bergeron et al. (2015) se basearam em nove teorias organizacionais para fundamentar as influências de três construtos (características do proprietário-gestor; ligações externas da PME; e características de funcionários-chave em TI) nos mecanismos de GTI propostos por Weill e Ross (2004) que, segundo Bergeron et al. (2015), direcionam a agregação de valor aos negócios por meio da TI (*IT business value*). O modelo de Bergeron et al. (2015) considera que os principais influenciadores para a adoção de mecanismos de GTI em PMEs é o proprietário-gestor e funcionários-chave em TI. Influências externas às PMEs atuam sobre esses dois atores

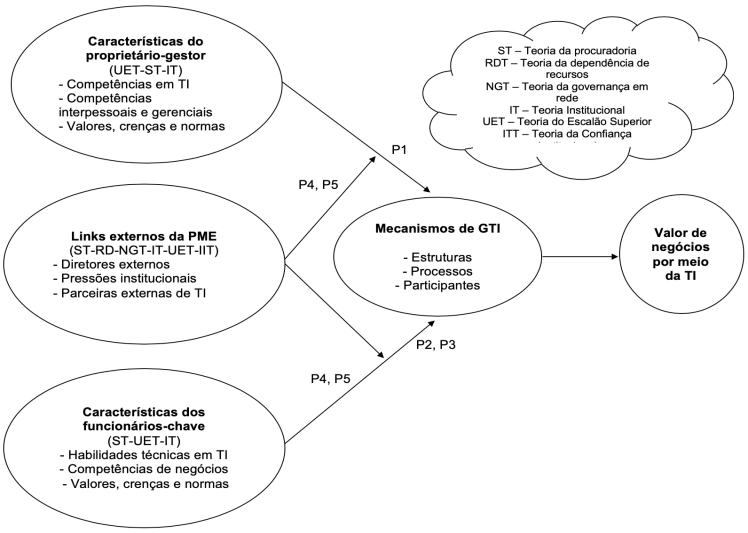


Figura 2 – GTI em PMEs
Fonte: Bergeron et al. (2015, p. 39).

e podem direcionar a adoção de mecanismos de GTI (Weill & Ross, 2004). Segundo o modelo (Figura 2), a adoção de mecanismos de GTI influencia o valor de negócios por meio da TI.

Consideramos que o estudo de Bergeron et al. (2015), apesar de fornecer consideráveis reflexões para a literatura de GTI em PMEs, falha em associar os mecanismos de GTI diretamente à agregação de valor aos negócios, relação esta contestada na literatura de GTI (Neirotti & Raguseo, 2017; Wu et al., 2015; Xue et al., 2012) e redefinida neste estudo. O trabalho de Bergeron et al. (2015) desconsidera que a adoção de TI por PMEs pode ter diferentes influências (internas ou externas) de acordo com o contexto (ambiente interno ou externo) ao qual a organização atua e que, as ações estratégicas em adotar TI poderão influenciar o ecossistema ao qual a organização atua retroativamente (DiMaggio & Powell, 2000), observando-se um fenômeno complexo (Morin, 2003, 2015). Segundo Morin (2003, 2015), a complexidade pode ser observada quando a causa (no contexto estudado os mecanismos de GTI) atua sobre o efeito (capacidades em TI OI ou OE) e o efeito (*stakeholders* externos e o ambiente externo) sobre a causa (ambiente interno da PME) em um processo retroativo. Segundo a Teoria da Complexidade (Morin, 2003, 2015), os sistemas necessitam de energia, informação e organização do próprio ambiente. Essas reflexões aludem ao tetragrama organizacional, onde ordem, interação, desordem e (re) organização representam os estados do sistema diante das influências a que está sujeito. No modelo proposto (Figura 1), o estado de ordem ocorre quando as tecnologias da informação não agregam valor à organização, mas apenas mantêm as práticas existentes em funcionamento (**P8** e **P13**). No estado de

interação há certo aprimoramento dos negócios por meio da TI com influências internas, alterando práticas vigentes (**P9** e **P14**). O estado de desordem ocorre quando uma inovação tecnológica permite que a organização se destaque das demais e tenha, além de desempenho organizacional (**P11** e **P15**), a (re) organização do ambiente externo (**P12**). Pode levar concorrentes e outros *stakeholders* externos a um comportamento imitativo (**P7**) que tenderá à ordem no sistema (**P2** e **P4**) até que um novo evento entrópico ocorra (direcionado por **P5**). Um sistema entrópico, na ótica da complexidade, remete à desordem, mas não necessariamente no sentido de degradação ou desorganização do sistema. Trata-se de um processo de reorganização, em que a desordem pode levar a um estado regenerador, de maior ordem (neguentropia) (Morin, 2015). Em outras palavras, a adoção de TI com capacidade de proporcionar vantagem competitiva e agregação de valor aos negócios pode redefinir o ambiente competitivo ao qual a PME está envolvida e pressionar o ambiente a se adequar às novas práticas. Nesse momento, acreditamos que maiores níveis de maturidade em GTI podem, tanto facilitar a neguentropia (evolução do ambiente – adoção de novas práticas) quanto levar a um estado de nova desordem (adoção de práticas inovativas que influenciará o ambiente externo).

5. Considerações Finais

Nesse momento é oportuno retomar a pergunta de pesquisa que direcionou o estudo - Como a governança de TI pode ser observada no contexto de pequenas e médias empresas? Observamos que mecanismos de GTI podem ser influenciados tanto por características internas ou externas ao ambiente em que a PME atua. Funcionários, proprietário-gestor, profissionais em TI e usuários de TI podem comprometer ou desenvolver mecanismos de GTI. Atores externos à organização como clientes, concorrentes ou fornecedores podem atuar pressionando práticas inovativas em TI. O universo das PMEs é muito diverso em termos de necessidade por tecnologia e informação. Essa característica permite denotar que as capacidades de TI orientadas internamente e externamente serão moderadas pelas estratégias organizacionais em adotar TI, e pelo ambiente em que a PME atua. Uma postura passiva diante de um ambiente competitivo pode incorrer em um isomorfismo mimético ou coercitivo por parte da PME. De outra maneira, uma visão estratégica com o objetivo de obter vantagem competitiva por meio de TI pode colocar a PME à frente de seus concorrentes, levando a uma desordem no sistema que tenderá à estabilidade ao longo do tempo por meio de um comportamento imitativo ou de maior desordem. Os mecanismos de GTI atuam no direcionamento das capacidades de TI de acordo com as influências que recebe do ambiente e de *stakeholders*.

Acreditamos que o modelo proposto tem considerável validade interna por se basear em diferentes teorias que, numa ótica interdisciplinar, puderam ser inter-relacionadas para o estabelecimento de um modelo sistêmico, suportado pelos princípios da Teoria da Complexidade. A Teoria dos *Stakeholders* foi aplicada com o objetivo de considerar os diferentes grupos (internos ou externos) que envolvem a organização e podem influenciar nas práticas organizacionais. A Teoria Institucional fundamentou as mudanças isomórficas (coercitiva, mimética ou normativa) das organizações para a institucionalização de práticas. Enquanto a Teoria da Visão Baseada em Recursos permitiu explicar a influência das capacidades em TI internas ou externas na geração de

valor aos negócios por meio da TI. As teorias aplicadas na literatura de adoção de TI em PMEs (DOI, TOE e Iacovou et al., 1995) auxiliaram na fundamentação dos construtos internos e externos ao qual a PME está envolvida. Por fim, a Teoria da Complexidade apresentou poder explicativo à ótica interdisciplinar e sistêmica do modelo proposto.

Julgamos que o estudo pode direcionar um amplo campo de pesquisa com o objetivo de observar as inferências realizadas. O trabalho fornece suporte teórico e construtos que representam o fenômeno da GTI em PMEs próximo da sua realidade, podendo ampliar a ótica analítica desse fenômeno. Como aplicação prática, discutimos que agências de desenvolvimento econômico internacional como a OECD e agências de apoio às PMEs de países em desenvolvimento, como o SEBRAE no Brasil, apoiam iniciativas para a adoção de TI em PMEs. Contudo, discute-se que a simples adoção de TI por PMEs pode não agregar valor ou desenvolver essas organizações, mas comprometer recursos que são escassos nesse tipo de empresa. Refletimos se o desenvolvimento de ambientes munificentes que fomentem práticas de GTI em PMEs não poderiam melhor direcionar as estratégias dessas organizações no uso e desenvolvimento de TI.

Mesmo sendo aplicados princípios metodológicos essenciais a um estudo científico, limitações podem ser consideradas. Discutimos de forma superficial os mecanismos de GTI no contexto de PMEs, deixando em aberto um campo de pesquisa. A revisão da literatura realizada se limitou a buscar estudos pelo título, podendo não ter sido considerado trabalhos relevantes para as reflexões apresentadas. A abordagem interpretativista, adotada neste estudo, baseia-se numa ótica analítica dos pesquisadores que pode destoar de outros colegas da academia. Como propostas de estudos futuros, sugerimos o aprofundamento da compreensão dos mecanismos de GTI no contexto de PMEs e estudos sob uma ótica hipotética-dedutiva para colocar à prova da falseabilidade os pressupostos definidos.

Referências

Arpaci, I., Yardimci, Y. C., Ozkan, S., & Turetken, O. (2012). Organizational Adoption of Information Technologies : a Literature Review. *International Journal of Ebusiness And Egovernment Studies*, *4*(2), 37–50.

Asgarkhani, M., Cater-steel, A., Toleman, M., & Ally, M. (2017). Failed IT projects : Is poor IT governance to blame? In *Australasian Conference on Information Systems* (pp. 1–9). Hobart, Australia.

Belghitar, Y., & Khan, J. (2013). Governance mechanisms, investment opportunity set and SMEs cash holdings. *Small Business Economics*, *40*(1), 59–72.

Bergeron, François, Croteau, A.-M., Uwizeyemungu, S., & Raymond, L. (2015). IT Governance Framework Applied to SMEs. *International Journal of IT/Business Alignment and Governance*, *6*(1), 33–49.

Calabrò, A., & Mussolino, D. (2013). How do boards of directors contribute to family SME export intensity? The role of formal and informal governance mechanisms. *Journal of Management and Governance*, *17*(2), 363–403.

Carr, N. G. (2003). IT Doesn' t Matter. *Harvard Business Review*, (May 2003), 5–12.

Carr, N. G. (2004). *Does IT Matter?Information Technology and the Corrosion of Competitive Advantage*. Boston, Massachussets: Harvard Business School Press.

Cater-Steel, A., Toleman, M., & Tan, W.-G. (2006). Transforming IT service management - the ITIL impact. In *ACIS 2006: 17th Australasian Conference on Information Systems*.

Cervo, A. L., Bevian, P. A., & Silva, R. da. (2006). *Metodologia Científica* (6th ed.). São Paulo: Perason.

Chen, H., Zeng, S., Lin, H., & Ma, H. (2017). Munificence, Dynamism, and Complexity: How Industry Context Drives Corporate Sustainability. *Business Strategy and the Environment*, *26*(2), 125–141.

Coimbra, A. (2000). Considerações sobre a Interdisciplinaridade. *Interdisciplinaridade Em Ciências Ambientais*, 52–70.

Curry, M., Marshall, B., & Kawlek, P. (2016). A Normative Model for Assessing SME IT Effectiveness. *Communications of the International Information Management Association*, *16*(4), 35–61.

Dale Stoel, M., & Muhanna, W. A. (2009). IT capabilities and firm performance: A contingency analysis of the role of industry and IT capability type. *Information and Management*, *46*(3), 181–189.

De Haes, S., & Grembergen, W. Van. (2004). IT Governance and its Mechanisms. *Information Systems Control Journal*, *1*, 27–33.

De Haes, S., & Grembergen, W. Van. (2006). Information technology governance best practices in Belgian organisations. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, *8*, 15.

Devos, J., Landeghem, H. Van, & Deschoolmeester, D. (2009a). IT governance in SMEs : A theoretical framework based on the outsourced information system failure. In *3rd European Conference on Information Management and Evaluation* (pp. 132–142). Vancouver: Academic Conferences ltd.

Devos, J., Landeghem, H. Van, & Deschoolmeester, D. (2009b). IT Governance in SMEs: Trust or control? In *Information Systems – Creativity and Innovation in Small and Medium-Sized Enterprises* (pp. 135–149). Guimarães - Portugal: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Devos, J., Van Landeghem, H., & Deschoolmeester, D. (2012a). A new perspective on IT governance in SMEs. In *International Conference on Corporate Governance, Proceedings* (p. 17). Skopje: Cyril & Methodius University of Macedonia.

Devos, J., Van Landeghem, H., & Deschoolmeester, D. (2012b).Rethinking IT governance for SMEs.*Industrial Management & Data Systems*, *112*(2),206–223.

Devos, J., Van Landgehem, H., & Deschoolmeester, D. (2014). *Information systems for small and medium-sized enterprises: State of Art of IS Research in SMEs*. Guent-Belgium: Springer.

DiMaggio, P. J., & Powell, W. W. (2000). The Iron Cage Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Organizational Fields. In *Economics Meets Sociology in Strategic Management (Advances in Strategic Management)* (Vol. 17, pp. 143–166). Emerald Group Publishing Limited.

Donaldson, T., & Preston, L. E. (1995). The Stakeholder Theory of The Corporation: Concepts, Evidence, and Implications. *The Academy of Management Review*, *20*(1), 65–91.

Ferraz, I. N., & Ferraz, M. N. (2015). A visão interpretativa na pesquisa empírica em Sistemas de Informação: os conceitos de contexto e subjetividade e suas aplicações. *Revista Gestão Organizacional*, *8*(3), 40–55.

Freeman, R. E., Harrison, J. S., Wicks, A. C., Parmar, B., & Colle, S. de. (2010). *Stakeholder Theory: The State Of The Art*. *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 4). New York - United States of America: Cambridge University Press.

Frogeri, R. F., Pardini, D. J., Cardoso, A. M. P., Prado, L. Á., Piurcosky, F. P., & Portugal Junior, P. dos S. (2019). IT Governance in SMEs: The State of Art. *International Journal of IT/Business Alignment and Governance (IJITBAG)*, *10*(1), 55–73.

Ghobakhloo, M., Hong, T. S., Sabouri, M. S., & Zulkifli, N. (2012). Strategies for Successful Information Technology Adoption in Small and Medium-sized Enterprises. *Information*, *3*(4), 36–67.

Giannopoulos, A. G. (2017). IT Business Value and Business Innovation : An Exploratory Investigation. *International Journal of Research in Business Studies and Management*, *4*(6), 1–13.

Hammer, A., Jabara, C., Cardenas, E., Wise, J., Grossman, N., Peterson, J., & Gosney, A. (2010). *Small and Medium- Sized Enterprises : Overview of Participation in U.S. Exports*. Washington, DC.

Henderson, J. C., & Venkatraman, N. (1993). Strategic Alignment: Leveraging Information Technology for Transforming Organizations. *IBM Systems Journal*, *32*(1), 4–16.

Iacovou, C. L., Benbasat, I., & Dexter, A. S. (1995). Electronic Data Interchange and Small Organizations: Adoption and Impact of Technology. *MIS Quarterly*, *19*(4), 465–485.

ISACA. (2012). *COBIT 5: Modelo Corporativo para Governança e Gestão de TI da Organização*. Rolling Meadows: Information System Audit and Control Association.

ISO. (2015). *ISO/IEC 38500:2015 - Corporate governance of information technology*. Londo, England.

Jankelová, N. (2017). Strategic Decision Making and Its Importance in Small Corporations. In Okechukwu Lawrence Emeagwali (Ed.), *Corporate Governance and Strategic Decision Making* (pp. 87–104). INTECH.

Joshi, A., Bollen, L., Hassink, H., De Haes, S., & Grembergen, W. Van. (2017). Explaining IT Governance Disclosure through the Constructs of IT Governance Maturity and IT Strategic Role. *Information & Management*, *55*(3), 368–380.

Korac-Kakabadse, N., & Kakabadse, A. (2001). IS/IT Governance: nedd for an integrated model. *Corporate Governance*, *1*(4), 9–11.

Lawrence, J. E. (2019). An Empirical Study of the Factors Influencing ICT Adoption in SMEs. In *Handbook of Research on Technology Integration in the Global World* (pp. 261–289). IGI-Global.

Messabia, N., & Elbekkali, A. (2010). Information Technology Governance: a Stakeholder Approach. In *An Enterprise Odyssey. International Conference Proceedings* (pp. 979–997). Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Economics and Business.

Morin, E. (2003). Da necessidade de um pensamento complexo. In *Para navegar no século XXI: tecnologias do imaginário e da cibercultura*. (3rd ed., p. 27). Porto Alegre: Sulina.

Morin, E. (2015). *Introdução ao pensamento complexo* (4th ed.). Porto Alegre, RS: Sulina.

Neirotti, P., & Raguseo, E. (2017). On the contingent value of IT-based capabilities for the competitive advantage of SMEs: Mechanisms and empirical evidence. *Information & Management*, *54*, 139–153.

Neirotti, P., Raguseo, E., & Paolucci, E. (2018). How SMEs develop ICT-based capabilities in response to their environment: past evidence and implications for the uptake of the new ICT paradigm. *Journal of Enterprise Information Management*, *31*(1), 10–37.

Nguyen, T. H., Newby, M., & Macaulay, M. J. (2015). Information technology adoption in small business: Confirmation of a proposed framework. *Journal of Small Business Management*, *53*(1), 207–227.

OECD. (2005). *SME and Entrepreneurship Outlook*. Paris.

OECD. (2017). Enhancing the Contributions of SMEs in a Global and Digitalised Economy. *Meeting of the OECD Council at Ministerial Level*, (1), 7–8.

OECD. (2018). *Financing SMEs and Entrepreneurs*. OECD.

Oliveira, T., & Martins, M. F. (2011). Literature Review of Information Technology Adoption Models at Firm Level. *The Electronic Journal Information Systems Evaluation*, *14*(1), 110–121.

Omari, L. Al. (2016). *IT governance evaluation: adapting and adopting the COBIT framework for public sector organisations*. Queensland University of Technology.

Pavlou, P. A., & El Sawy, O. A. (2006). From IT leveraging competence to competitive advantage in turbulent environments: The case of new product development. *Information Systems Research*, *17*(3), 198–227.

Peterson, R. (2004). Crafting Information Technology governance. *Information Systems Management*, *21*(4), 7–22.

Piccoli, & Ives. (2005). Review: IT-Dependent Strategic Initiatives and Sustained Competitive Advantage: A Review and Synthesis of the Literature. *MIS Quarterly*, *29*(4), 747.

Put, D. (2012). Awareness of IT Governance and ITSM in small and medium enterprises in western and central Europe. *Information Systems in Management*, *1*(2), 136–147.

Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of innovations*. *Macmillian Publishing Co*. New York, N.Y: Macmillan Publishing Co., Inc.

Sambamurthy, V., & Zmud, R. W. (1999). Arrangements for information technology governance: A theory of multiple contingencies. *MIS Quarterly*, *23*(2), 261–290.

Santos, E. M. dos, Oliveira, R. C. R. de, Gonzalez Junior, I. P., & Albuquerque Junior, A. E. de. (2016). Produção Científica sobre Adoção de Tecnologia da Informação: Análise dos Artigos Publicados em Anais de Eventos Científicos Nacionais entre 2011 e 2015. In *Anais do XL Encontro da Anpad* (pp. 1–18). Costa do Sauípe/BA.

Silva, A. P. da, & Campos, R. D. de. (2017). Principais Dificuldades Encontradas Pelas Empresas Na Implementação do COBIT: Análise Literária. *Jornal de Engenharia, Tecnologia e Meio Ambiente*, *2*(2), 1–6.

Suarez-Ortega, S. M., Garcia-Cabrera, A. M., & Knight, G. (2015). A Model of Knowledge Acquisition for Developed Economies SMEs First Entering a Developing Economy. *Procedia Economics and Finance*, *23*(October 2014), 33–37.

Thomas, C. A. (2010). *IT Governance in small and medium enterprises post Sarbanes Oxley*. Louisiana State University, Tennessee.

Tornatzky, L. G., & Fleischer, M. (1990). *The process of technological innovation*. United Kingdom: Lexington Books.

Torrès, O., & Julien, P.-A. (2005). Specificity and Denaturing of Small Business. *International Small Business Journal*, *23*(4), 355–377. https://doi.org/10.1177/0266242605054049

Walsham, G. (1993). *Interpreting information systems in organizations*. Chichester, UK: John Wiley & Sons.

Weill, P., & Ross, J. (2004). *IT Governance: How Top Performers Manage IT Decision Rights for Superior Results*. Boston: Harvard Business Review Press.

Wilkin, C. L. (2012). The Role of IT Governance Practices in creating business value in SMEs. *Journal of Organizational and End User Computing*, *24*(2), 1–17.

Winniford, M. A., Conger, S., & Erickson-Harris, L. (2009). Confusion in the ranks: IT service management practice and terminology. *Information Systems Management*, *26*(2), 153–163.

Wu, S. P., Straub, D. W., & Liang, T.-P. (2015). How information technology governance mechanisms and strategic alignment influence organizational performance: insights from a matched survey of business and IT Managers. *MIS Quarterly*, *39*(2), 497–518.

Xue, L., Ray, G., & Sambamurthy, V. (2012). Efficiency or Innovation: How Do Industry Environments Moderate the Effects of Firms' IT Asset Portfolios? *MIS Quarterly*, *36*(2), 509.

Xue, Y., Liang, H., & Boulton, W. R. (2008). Information Technology Governance in Information Technology Investment Decision Processes: The Impact of Investment Characteristics, External Environment, and Internal Context. *MIS Quarterly*, *32*(1), 67–96.

Yoshino, N., & Taghizadeh-hesary, F. (2018). *The Role of SMEs in Asia and Their Difficulties in Accessing Finance*. *ADBI Working Paper Series*.

Youssfi, K., Boutahar, J., & Elghazi, S. (2015). IT governance implementation: A tool design of COBIT 5 roadmap. In *2014 2nd World Conference on Complex Systems, WCCS 2014*.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: xx/09/2019
Aceitação/Acceptance: xx/11/2019

Fatores que influenciam o estresse no ambiente de trabalho bancário com uso de equação estrutural

Werley Antônio Mendonça Machado[1], João Vicente Pereira[1], Ari Melo Mariano[1], João Carlos Félix Souza[1]

werley.machado@aluno.unb.br, joao.vicentep@gmail.com, arimariano@unb.br, jocafs@unb.br

[1] Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro, 70904970, Brasília, Distrito Federal, Brasil.

Pages: 305–318

Resumo: Esta pesquisa foi realizada para identificar a relação entre o estresse no trabalho dos bancários e os fatores causadores, com uso de um modelo de equações estruturais. Os resultados apresentados mostraram que a carga de trabalho e desenvolvimento da carreira são fatores estressantes no ambiente de trabalho bancário.

Palavras-chave: Estresse no ambiente de trabalho, Modelagem de Equações Estruturais (SEM), Mínimos Quadrados Parciais (PLS).

Factors that influence stress in the banking work environment using structural equation

Abstract: This research was conducted to identify the relationship between bankers' work stress and causative factors, using a structural equation model. The results presented showed that workload and career development are stressors in the banking work environment.

Keywords*:* Workplace Stress, Structural Equation Modeling (SEM), Partial Least Squares (PLS).

1. Introdução

Nos últimos anos o sistema financeiro do Brasil vem passando por transformações geradas por vários fatores: crises financeiras (Subprime[1]), marcos regulatórios (Basileia III[2]), concorrência de novos players de mercado, inovações tecnológicas como "bancos digitais". Nesse contexto, os trabalhadores desse segmento estão sendo condicionados a se adaptarem numa velocidade nunca antes observada, favorecendo o aparecimento de um ambiente de estresse no trabalho. Essa realidade traz problemas na gestão das

[1] Crise do Subprime ocorrida em 2007, considerada maior do que a crise financeira de 1929.
[2] Regulação bancária para elevar o nível de resiliência dos sistemas financeiros emitida pelo Comitê de Supervisão Bancária de Basileia.

entidades com reflexos danosos para a continuidade dos negócios. Isso posto, é de grande importância estudar como está o ambiente dos bancários atualmente e as relações entre o estresse e os fatores que explicam ou causam estresse. Entre os fatores que permeiam o ambiente do trabalho bancário estão o uso da tecnologia, a carga de trabalho, as relações humanas. Mas como identificar tais situações, de modo a possibilitar a eliminação ou minimizar dos riscos causados pelos fatores humanos e propiciar melhores condições de trabalho no ambiente das instituições bancárias? O presente estudo tem por objetivo identificar fatores causadores de estresse no ambiente de trabalho bancário, a partir de um modelo de equação estrutural.

O Sistema Financeiro Brasileiro (SFN) é formado por instituições financeiras (IF) públicas e privadas que operam na intermediação financeira, proporcionando a movimentação do fluxo de recursos entre investidores (doadores) e emprestadores (tomadores). Parte das instituições públicas possuem funções reguladoras, de supervisão e gestão de políticas públicas[3]. As IF possuem papel fundamental na economia dos países e a manutenção da saúde financeira é objeto de constante acompanhamento dos órgãos de supervisão. Mesmo sendo um setor altamente regulado, novos negócios e instrumentos financeiros são criados para atender necessidades do mercado. Esse dinamismo, quando não acompanhado pelos supervisores do sistema financeiro, pode ser percebido como potencial gerador de crises, como a observada em 2007 (Hellwig, 2009). A resposta dos reguladores dos países para a Crise foi elevar o nível de exigência para as instituições financeiras com base nos padrões do Comitê de Basileia de Supervisão Bancária (Basel III, 2010). No pós-crise, observa-se movimento crescente do mercado no sentido de viabilizar mais acesso às soluções financeiras para a sociedade, com o aumento da participação das Fintechs: empresas financeiras baseadas em alta tecnologia e especializadas em serviços e produtos para atender nichos de mercado (Arner, Barberis & Buckley, 2016). Nesse cenário de "Bancos digitais" a concorrência vem aumentando no sistema, principalmente por meio dos serviços via mobile. Segundo os mesmos pesquisadores, nos países em desenvolvimento, há um ambiente mais propício ao desenvolvimento dessa tendência.

Nesse cenário de aumento de custos para as IF por conta das necessidades regulatórias, concorrência crescente, forçando os bancos tradicionais a serem mais eficientes e competitivos, e necessidade de investimentos em tecnologia para se equipararem em agilidade às Fintechs, os trabalhadores bancários são pressionados a se adaptarem de forma muito rápida às necessidades colocadas pelas IF.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2010), o ambiente de trabalho inclui cultura organizacional das entidades e os valores, crenças, atitudes e práticas cotidianas que afetam o bem-estar mental e físico dos trabalhadores. Nesse ambiente, a OMS destaca alguns fatores que podem causar estresse emocional ou mental no local de trabalho, como: a carga de trabalho gerada por ineficiência organizacional; a cultura organizacional; o estilo de gestão de comando e controle; a falta de apoio para um equilíbrio entre vida profissional e familiar; o medo da perda de emprego. Particularmente, na realidade do trabalhador bancário brasileiro, observa-se todos esses fatores como influências importantes no desempenho das atividades no dia a dia, materializadas em exigências crescentes para capacitação e cumprimento de metas,

[3] Criação do SFN, Lei nº 4.595, de 31.12.1964.

aumento da pressão por resultados e sobrecarga de trabalho, gerada pela redução de empregos. A transformação tecnologia observada na indústria financeira proporciona aumento da produtividade, com reflexo nos lucros das IF, todavia o cenário instalado gera impacto na vida dos trabalhadores bancários.

2. Referencial Teórico

2.1. Variáveis

Para avaliar estresse no ambiente de trabalho bancário e os fatores causadores, foram selecionadas variáveis com base na experiência de pesquisadores em psicologia (Cox, 2000), as quais listamos a seguir:

1. Desenvolvimento da carreira: A ausência de oportunidades de desenvolvimento de carreira pode ser uma fonte de estresse, essa situação é potencializada em organizações que valorizam mais a relação entre o desenvolvimento de carreira e competência ou valor;
2. Apoio do grupo de relacionamento: o grupo de relacionamento onde o indivíduo está inserido no ambiente de trabalho pode ser um estressor, particularmente quanto ao relacionamento hierárquico quando existente;
3. Carga de trabalho: cargas de trabalhos excessivas e constantes são consideradas como fatores causadores de estresse;
4. Uso da tecnologia: A presença da tecnologia no mundo atual em várias dimensões da sociedade afeta consideravelmente os ambientes de trabalho e pode ser fonte de estresse para os trabalhadores;
5. Relações humanas: a forma como o indivíduo interage com os outros no ambiente de trabalho pode ser um estressor.

De forma complementar será avaliado também no contexto da modelagem o efeito do estresse como influência na satisfação salarial, no desempenho do trabalho e na tendência a mudar de área.

Relações de trabalho interpessoal podem causar altos níveis de estresse (MacDonald, 2001), quando os funcionários estão sujeitos à pressão da equipe e expressam opiniões não adotadas pelo grupo de trabalho. Observa-se que a carga de trabalho pesada e estresse no trabalho também estão relacionados ao menor desempenho no trabalho e satisfação nos hospitais (Chu, 2003) e (Seo, 2004). Nesse contexto, a carga está entre os melhores preditores de satisfação no trabalho (Li & Lambert, 2008). Uma pesquisa sobre comportamento (Trivellas, Reklitis & Platis 2013) mostrou que o estresse no trabalho relacionado ao conflito e carga de trabalho pesada está associado de forma significativa e negativa a todas as dimensões de satisfação no trabalho.

2.2. Hipóteses

Enquanto a indústria financeira está se desenvolvendo rapidamente, os instrumentos financeiros também vêm modernizando continuamente, e os empregados são obrigados a obter uma melhor compreensão de seu conhecimento profissional e nível mais alto de habilidades. Portanto, treinamentos constantes e orientação são necessários para eles

melhorarem suas habilidades profissionais e atenderem aos novos requisitos de trabalho sem serem profissionalmente atrasados. A crescente quantidade de atividades exige deles mais energia e os fazem sentir mais estressados no trabalho. Assim, podemos concluir que a atualização tecnológica do sistema financeiro pode ser uma causa importante do estresse no trabalho desses funcionários.

Hipótese 1: quanto mais dependente da tecnologia no ambiente de trabalho, mais sujeito ao estresse o empregado bancário estará.

Carga de trabalho é a quantidade de trabalho atribuída em um determinado período de tempo. A redução do quadro de profissionais, e o enfrentamento de um mecanismo de avaliação mais rigoroso. Com a carga de trabalho pesada fará com que os empregados cometam erros e se tornem psicologicamente estressados.

Hipótese 2: existe uma correlação positiva entre a carga de trabalho dos empregados e seu estresse no trabalho.

Os empregados se esforçam no trabalho para obterem reconhecimento e assim obterem promoção funcional, o que os levam a terem expectativas diferentes da realidade, tornando-se difícil o planejamento de carreira. A Satisfação quanto a ser útil e a realização pessoal contribui para um ambiente menos estressado.

Hipótese 3: falta de apoio ao desenvolvimento da carreira dos bancários contribui para o estresse no trabalho.

O ambiente estressado tende a influenciar negativamente no desempenho dos trabalhadores, todavia a ausência de estresse pode gerar apatia e os resultados apresentam-se abaixo do esperado, equiparando-se aos níveis de quem está muito estressado. Em ambos os casos, o estresse pode agir de forma considerável no desempenho.

Hipótese 4: o estresse possui uma forte influência no desempenho dos trabalhadores.

2.3. Modelo da Pesquisa

A pesquisa envolveu a construção de um questionário com 38 questões, sendo 5 demográficas. Um pré-teste foi conduzido na primeira etapa deste trabalho e as ponderações e observações colhidas naquela ocasião foram consideradas na condução da pesquisa de campo.

A aplicação foi realizada no público bancário, composto por empregados que desempenham funções estratégicas, táticas e operacionais, em diversos ambientes, como agências, departamentos de tecnologia da informação (TI) e áreas estratégicas e de suporte.

O instrumento utilizado para a pesquisa foi a aplicação "OnlinePesquisa"[4] que é de uso livre para estudantes vinculados a alguma instituição de ensino. O formulário foi construído de forma a garantir respostas livres de outliers onde o respondente apenas indicaria a opção desejada. A amostra apresentou os perfis informados na Figura 1.

[4] https://www.onlinepesquisa.com

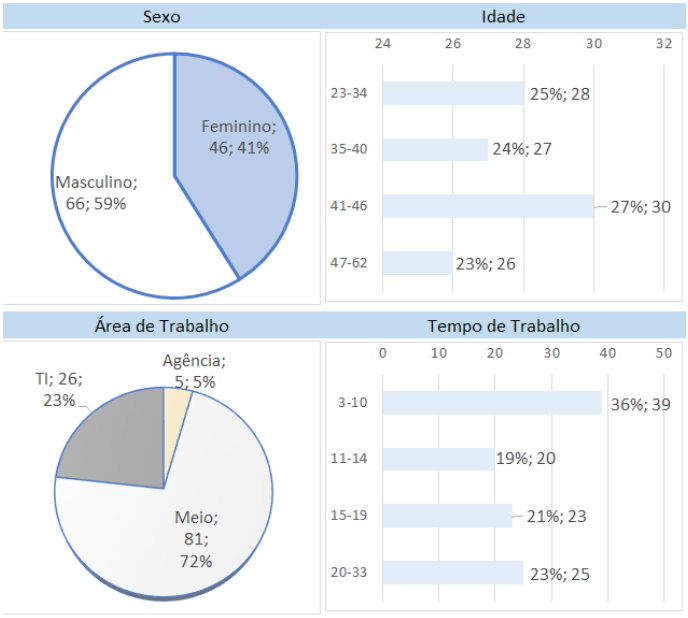


Figura 1 – Perfil Demográfico

A amostra obtida ao final da aplicação foi de 134 respostas, mas para efeito da pesquisa, 112 foram consideradas por ser público objeto da pesquisa.

2.4. Método

A Modelagem de Equações Estruturais (SEM) é estruturada como técnica estatística multivariada e organiza os relacionamentos das variáveis dependentes e independentes em um único modelo (Hair, 2009), permitindo ao pesquisador modelar relações complexas.

Nos últimos anos, o uso do SEM cresceu em áreas cuja complexidade da realidade demandam aplicações práticas, para melhor entendimento das relações. O SEM permite representar relações múltiplas de modo simultâneo e ao mesmo tempo especificar a direção causal entre as variáveis (Chin, 1998), possibilitando aumento do poder de mensuração das informações pesquisadas, agregando informações qualitativas que são desconsideradas, muitas vezes, nos métodos chamados de tradicionais. Destaque para utilização nas ciências sociais e humanas publicados em jornais de marketing e de sociologia (Jöreskog, 1982 e 1990).

O SEM possui algumas vantagens comparativamente à outras técnicas de regressão, tais como a possibilidade de desenvolver modelos de construtos não observáveis de variáveis latentes, testar estatisticamente a priori a teoria e comparar as conjunturas e hipóteses com os dados empíricos (Chin, 1998).

3. Resultados e Discussões

O desenvolvimento do modelo leva em consideração as respostas obtidas da pesquisa, em que todos os construtos e questões associadas devem estar validados. O modelo conceitual é baseado numa pesquisa (Ziruo, 2015), com adaptações, composto por construtos de segunda ordem, mensurados indiretamente por meio de indicadores reflexivos conforme representado na Figura 2.

Os procedimentos usados neste trabalho foram com a utilização do software SmartPLS para modelagem de equações estruturais (Ringle, Wende & Becker, 2015).

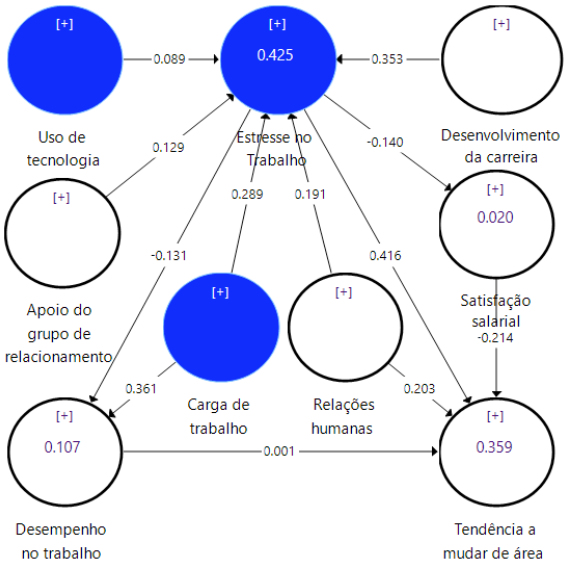


Figura 2 – Modelo conceitual SEM-PLS

Para mostrar a validade do modelo da Figura 2, realizamos uma série de testes conforme descritos a seguir.

3.1. Confiabilidade do Instrumento

Alfa de Cronbach é usado (Hair, 2019) para a mensuração da confiabilidade de um conjunto de dois ou mais indicadores de construto. Seus valores variam entre 0 e 1,0, sendo que o valor mais alto indica alta confiabilidade entre os indicadores, o que permite avaliar a consistência de uma determinada escala por meio dessa medida. O autor considera adequado para limite inferior valor de 0,70, embora possa ser de 0,60 em casos de pesquisas exploratórias.

Inicialmente, examinamos as cargas apresentadas pelo modelo no qual alguns itens tinham valores abaixo do esperado pela literatura. Após a retirada de certos itens ficamos com apenas dois deles com cargas abaixo de 0,7, contudo acima 0,6. Os itens retirados

de seus respetivos construtos foram: ct1 e ct2 (Carga de trabalho), dc1 (Desenvolvimento da carreira), ss3 (Satisfação salarial), tma3 (Tendência a mudar de área), et2 (Estresse no trabalho), ut3 (Uso de tecnologia) e rh4 (Relações humanas).

Ao calcular o Alfa de Cronbach para as variáveis latentes utilizadas neste estudo com os resultados apresentados na Tabela 1. Considerando que os menores valores calculados são 0,68 (Desenvolvimento de carreira) e 0,697 (Satisfação salarial) e usando o argumento de ser uma pesquisa exploratória, entendemos que os critérios de confiabilidade foram atendidos. Para reforçar, as medidas rho-A e Fiabilidade composta são atendidas para todas as variáveis latentes. Com isso, concluímos que os construtos são adequadamente representados e mensurados por meio deste instrumento.

Constructo	Alfa de Cronbach	rho_A	Fiabilidade composta	AVE*
Apoio de grupo de relacionamento	0,879	0,879	0,925	0,805
Carga de trabalho	0,739	0,792	0,853	0,664
Desempenho no trabalho	0,796	0,867	0,905	0,826
Desenvolvimento da carreira	0,680	0,765	0,857	0,750
Estresse no trabalho	0,875	0,884	0,906	0,617
Relações humanas	0,710	0,713	0,840	0,639
Satisfação salarial	0,697	0,775	0,864	0,761
Tendência a mudar de área	0,845	0,848	0,928	0,866
Uso da tecnologia	0,710	0,960	0,861	0,757

Fonte: Dados primários calculados pelo software SEM-PLS
Nota: *Variância Média Extraída

Tabela 1 – Confiabilidade e validade dos construtos

A validade discriminante, que pode ser observada por meio da raiz quadrada das variâncias médias extraídas (AVE), apresentou resultados conclusivos, pois trazem valores superiores à 0,5, conforme apresentado na Tabela 1.

A confiabilidade discriminante pode ser analisada, também, pelos critérios das Cargas Cruzadas e ou de Fornell-Lacker. Por este, observamos na Tabela 2 que os valores situados nas verticais logo abaixo da diagonal são sempre menores do que ela. Para aquele, foi observado que os itens dos respetivos construtos são sempre maiores quando comparados com os demais construtos.

Constructo	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)
(A) Apoio de grupo de relacionamento	0,897								
(B) Carga de trabalho	0,376	0,815							
(C) Desempenho no trabalho	0,101	0,304	0,909						

Constructo	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)
(D) Desenvolvimento da carreira	0,439	0,196	1,101	0,866					
(E) Estresse no trabalho	0,455	0,434	0,026	0,501	0,785				
(F) Relações humanas	0,398	0,229	0,004	0,298	0,390	0,799			
(G) Satisfação salarial	-0,347	-0,193	-0,241	-0,407	-0,140	-0,101	0,873		
(H) Tendência a mudar de área	0,478	0,243	0,064	0,543	0,525	0,386	-0,293	0,930	
(I) Uso da tecnologia	-0,155	-0,179	0,019	-0,248	-0,122	-0,269	0,287	-0,175	0,870

Fonte: Dados primários calculados pelo software SEM-PLS

Tabela 2 – Critério de Fornell-Larcker

No entanto, há a opinião (Henseler, Ringle & Sarstedt, 2015) de que os critérios definidos por Fronell-Larcker e a avaliação por meio das cargas cruzadas são as abordagens dominantes, entretanto, não detetam adequadamente as fraquezas da validade discriminante nas situações comuns de pesquisa. Para esses pesquisadores a solução apropriada é usar a HTMT, aplicando o processo de *bootstrapping*.

Aplicando o procedimento *bootstrapping* para geração de 5.000 amostras, os resultados são apresentados na Tabela 3, onde observamos que todos os valores são inferiores a 0,9. Com isso é possível considerar que a validade discriminante dos construtos é apropriada.

Constructo	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)
(A) Apoio de grupo de relacionamento									
(B) Carga de trabalho	0,444								
(C) Desempenho no trabalho	0,137	0,385							
(D) Desenvolvimento da carreira	0,566	0,407	0,195						
(E) Estresse no trabalho	0,510	0,530	0,087	0,617					
(F) Relações humanas	0,504	0,309	0,161	0,451	0,480				
(G) Satisfação salarial	0,439	0,224	0,293	0,590	0,206	0,146			
(H) Tendência a mudar de área	0,554	0,295	0,068	0,692	0,600	0,496	0,372		
(I) Uso da tecnologia	0,189	0,224	0,194	0,334	0,147	0,387	0,429	0,232	

Fonte: Dados primários calculados pelo software SEM-PLS

Tabela 3 – Critério de Fornell-Larcker

Por meio do teste de Colinearidade é possível identificar problemas relacionados à representatividade de cada um dos indicadores e o construto a ser mensurado (Hair, 2009). Ele ainda define como aceitáveis, valores inferiores a 10, porém no caso de equações estruturais o valor aceitável deve ser inferior à 5.

Os resultados mostram que o maior valor foi 2,836 que está bem abaixo do valor de corte, indicando que não existe colinearidade entre os itens e que, portanto, atendem ao requisito.

Para avaliar a relevância dos construtos do modelo, foram observados os valores constantes na Tabela 4. Notamos que os indicadores "estresse no trabalho" e "tendência a mudar de área" são medianamente relevantes.

Constructo	R quadrado	R quadrado ajustado
Desempenho no trabalho	0,107	0,090
Estresse no trabalho	0,425	0,398
Satisfação salarial	0,020	0,011
Tendência a mudar de área	0,359	0,335

Fonte: Dados primários calculados pelo software SEM-PLS

Tabela 4 – Ajuste do modelo

3.2. Implicações Práticas

Após o processo de depuração dos indicadores, chegou-se a composição da Tabela 5 que apresenta um resumo geral da modelagem, onde podemos observar os valores dos coeficientes (β) associados em cada relação dos constructos propostos no modelo, com destaque para as relações com valores de β acima de 0,3 por serem significativos (Chin, 1998). A validação por meio do processo *bootstrapping* (Estatística t), confirmou a precisão das estimativas geradas pelo SmartPLS para o modelo, a correlação observada evidenciou a força e o sentido entre as variáveis relacionadas. Já o percentual de explicação das associações destaca o poder de explicação das variáveis exógenas no modelo proposto.

Relações	Coeficientes β		Estatística *t*		Correlação	% Explicação
	Original	Amostral	Valor	Significância		
Apoio do grupo de relacionamento -> Estresse no Trabalho	0,129	0,127	1,449	0,147	0,455	5,9%
Carga de trabalho -> Desempenho no trabalho	0,361	0,368	3,865	0,000	0,304	11,0%
Carga de trabalho -> Estresse no trabalho	0,289	0,293	3,054	0,002	0,434	12,5%
Desempenho no trabalho -> Tendência a mudar de área	0,001	-0,001	0,009	0,993	0,064	0,0%
Desenvolvimento da carreira -> Estresse no trabalho	0,353	0,353	3,859	0,000	0,501	17,7%

Relações	Coeficientes β		Estatística *t*		Correlação	% Explicação
	Original	Amostral	Valor	Significância		
Estresse no trabalho -> Desempenho no trabalho	-0,131	-0,133	1,100	0,272	0,026	-0,3%
Estresse no trabalho -> Satisfação salarial	-0,140	-0,149	1,292	0,197	-0,140	2,0%
Estresse no Trabalho -> Tendência a mudar de área	0,416	0,417	5,325	0,000	0,525	21,8%
Relações humanas -> Estresse no trabalho	0,191	0,187	2,141	0,032	0,390	7,4%
Relações humanas -> Tendência a mudar de área	0,203	0,201	2,409	0,016	0,386	7,8%
Satisfação salarial -> Tendência a mudar de área	-0,214	-0,215	2,581	0,010	-0,293	6,2%
Uso da tecnologia -> Estresse no trabalho	0,089	0,071	1,175	0,240	-0,122	-1,1%

Fonte: Dados primários calculados pelo software SEM-PLS

Tabela 5 – Resultado das relações

Observamos várias relações plausíveis entre os construtos a nível de significância de 5% (*p*-valor), ou seja, todos os *p*-valores acima de 0,05 indicam que a relação não foi aceita.

Finalmente, vamos identificar possíveis relações entre os fenômenos estudados e tentar responder às hipóteses estabelecidas no trabalho.

Os resultados do modelo para a Hipótese 1 sinalizaram que o efeito da dependência da tecnologia no ambiente do trabalho não teve significância (0,24), não sendo importante no modelo. No contexto da variável "Uso da tecnologia", procurou-se identificar situações no dia a dia do bancário, no desempenho das suas atividades, em que há dependência das soluções de tecnologia. Para capturar esse aspeto, foram solicitadas respostas das situações relacionadas à facilidade de uso, disponibilidade e versionamento das soluções. Diante do observado, sugere-se que o público avaliado apresenta baixo nível de problemas com o uso da tecnologia, podendo ser reflexo da maturidade das soluções disponibilizadas pelas organizações onde os trabalhadores estão vinculados.

A Hipótese 2 foi comprovada pelos resultados apresentados. Observou-se que a "Carga de trabalho" é fator estressante com nível de explicação do modelo correspondendo à 12,5%. Observando o Mapa de Importância e Desempenho (IPMA) mostrado na Figura 3, essa variável situa entre as duas mais importantes, sendo os itens mais relevantes entre os que compõem a "Carga de trabalho": (CT5) Há muita concentração de trabalho em mim e (CT3) A intensidade de trabalho é excessiva (ver Figura 4). Tal situação sugere aos gestores das IF necessidade de reavaliar o plano de trabalho ao qual os bancários estão submetidos.

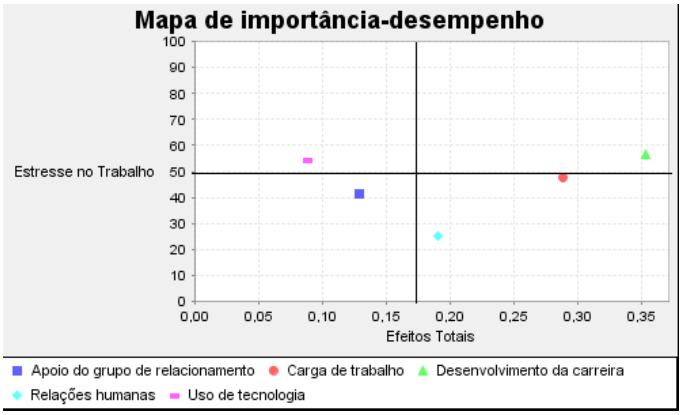


Figura 3 – IPMA dos construtos – estresse no trabalho

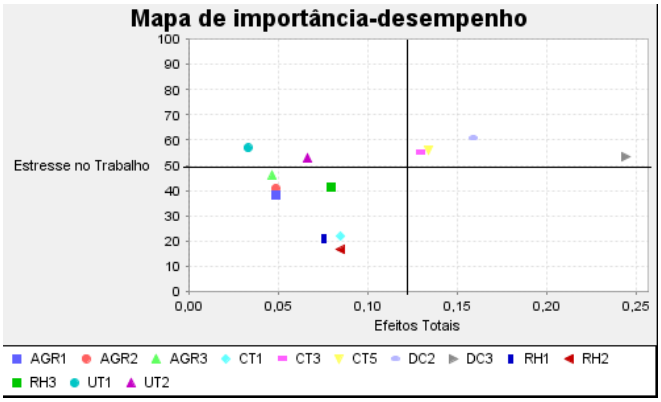


Figura 4 – IPMA dos itens do construto estresse no trabalho

Os resultados observados para a Hipótese 3 evidenciaram que um ambiente de trabalho desfavorável ao desenvolvimento da carreira é gerador de estresse, com alta relevância no modelo (17,7%). Para o público objeto do estudo, na análise do IPMA mostrado na Figura 5, o que mais se destaca, pela ordem, como fator estressante é: (DC3) "Falta a sensação de realização" e (DC2) "Falta de oportunidades para promoção". No contexto dos bancários pesquisados, o desenvolvimento da carreira tem como fator importante o sentido do trabalho, proporcionado pelo sentimento de realização. De fato, o fruto do trabalho tem destaque no desenvolvimento da carreira, juntam ente como as oportunidades para promoção. Nesse cenário, pode-se sugerir aos gestores uma maior análise dos fatores indicados para se fazer um diagnóstico e um plano de trabalho para reduzir o nível dos estressores.

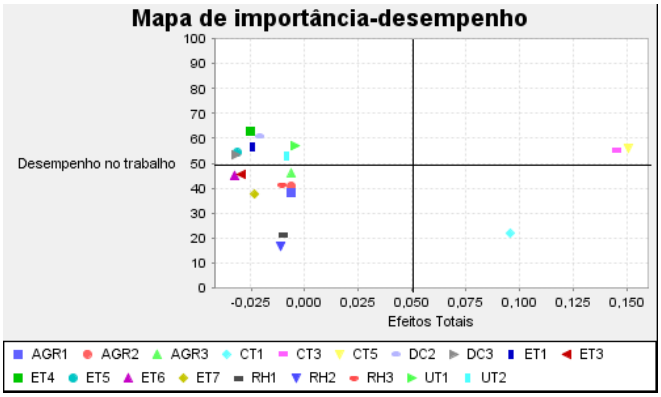


Figura 5 – IMPA dos itens do construto desempenho no trabalho

A Hipótese 4 não foi confirmada, dados os resultados apresentados. No modelo a variável "Estresse no trabalho" não teve relevância significativa (0,27) para explicar o "Desempenho no trabalho". Para os bancários pesquisados o que traz maior impacto no desempenho é a "Carga de trabalho" (11% de explicação no modelo) e não o estresse, segundo o IPMA do "Desempenho no trabalho" (Figura 5). Essa situação sugere uma avaliação mais aprofundada do nível de estresse observado no público pesquisado, com o intuito de verificar a relação desempenho x estresse para que os gestores tenham uma perceção sobre qual nível de estresse é mais adequado para o ambiente de trabalho.

4. Conclusões

Sendo assim, a identificação dos fatores causadores de estresse no ambiente de trabalho confirmou as hipóteses: a "Carga de trabalho" e "Desenvolvimento da carreira", como fatores estressantes no ambiente de trabalho bancário. Não foi verificada relevância nas hipóteses de "Uso da tecnologia" para explicar o estresse e o próprio estresse como fator importante no "Desempenho do trabalho".

Considerando a relação "Carga de trabalho" x "Desempenho no trabalho" observada no estudo, sugere-se a realização de pesquisas relacionadas ao impacto da carga de trabalho, levando em conta a propensão a falhas humanas no trabalho, como moderadora para o desempenho no trabalho.

Referências

Arner, D.; Barberis, J. & Buckley, R. P. (2016). The Evolution of Fintech: A New Post-Crisis Paradigm?. Georgetown Journal of International Law, 47, 1271-1273.

Basel III (2010). A global regulatory framework for more resilient banks and banking systems Basel Committee - Basel Committee on Banking Supervision, Basel.

Chin, W. W. (1998). The Partial Least Squares Approach for Structural Equation Modeling. In Modern Methods for Business Research, George A. Marcoulides (ed.), Lawrence Erlbaum Associates, New York, p xiii.

Chu, C.I., Hsu, H.M., Price, J.L., & Lee, J.Y., (2003). Job satisfaction of hospital nurses: an empirical test of a causal model in Taiwan. International Nursing Review, 50, 176–182.

Cox, T.; Griffiths, D. & Rial-Conzaléz, E. (2000). European agency for safety and health at work: research on work-related stress Luxembourg: office for official publications of the European communities.

Hair Jr., J. F. et al. (2009). Análise multivariada de dados. 6. ed. Porto Alegre, Bookman, 688 p.

Hellwig, M. F. (2009). Systemic Risk in Financial Sector: An Analysis of the Subprimi-Mortgage financial Crisis. De Economist, (2), 129–207. https://doi.org/10.1007/s10645-009-9110-0.

Henseler, J; Ringle, C; Sarstedt, M. (2015). A new criterion for assessing discriminant validity in variancebased structural equation modeling. Journal of the Academy of Marketing Science. 43, 1, 115-135. ISSN: 00920703.

Jöreskog, Karl G. and Sörbom, Dag. (1982). Recent Developments in Structural Equation Modeling. Journal of Marketing Research, Vol. 19, No. 4, Special Issue on Causal Modeling, pp. 404-416.

Jöreskog, Karl G. and Sörbom, Dag. (1990). Model Search With TETRAD II and LISREL. Sociological Methods & Research, Vol 19, Issue 1, pp. 93 – 106.

Li, J., & Lambert, V.A. (2008). Job satisfaction among intensive care nurses from the People's Republic of China, International Nursing Review, 55, 34–39.

MacDonald, L. A., Karasek, R. A., Punnett, L., & Scharf, T. (2001). Covariation between workplace physical and psychosocial stressors: evidence and implications for occupational health research and prevention, Ergonomics, 44, 7, 696-718.

Organização Mundial de Saúde, OMS (2010). Ambientes de trabalho saudáveis: um modelo para ação: para empregadores, trabalhadores, formuladores de política e profissionais. /OMS; tradução do Serviço Social da Indústria. – Brasília: SESI/DN. Título original: Healthy workplaces: a model for action: for employers, workers, policymakers and practitioners.

Ringle, C. M., Wende, S., and Becker, J.-M. (2015). "SmartPLS 3." Boenningstedt: SmartPLS GmbH, http://www.smartpls.com.

Seo Y., Ko, J., \& Price, J.L. (2004). The determinants of job satisfaction among hospital nurses: A model estimation in Korea. International Journal of Nursing Studies, 41, 437–446.

Trivellas, P., Reklitis, P., & Platis, C. (2013). The effect of job related stress on employees' satisfaction : A survey in Health Care. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 73, 718–726. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.02.110

Ziruo, J. (2015). The Factors Influencing the Work Stress of Pilot Using Structural Equation Model. Logistics, Informatics and Service Sciences (LISS). *In Proceedings of the* IEEE International Conference on Logistics, Informatics and Service Science.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 03/09/2019
Aceitação/Acceptance: 26/11/2019

Modelo para priorização de execução de projetos de TI em uma instituição financeira

Ana Carla Bittencourt Reis[1], Guilherme Mendonça de Moraes[1], Wallace Sanches de Oliveira[1], Everaldo Silva Júnior[1], Simone Boges Simão Monteiro[1]

anacarlabr@unb.br, guilherme_aoc@hotmail.com, wallacesanches@aluno.unb.br, everaldo.s.junior@gmail.com, simoneborges@unb.br.

[1] Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada – PPCA, Universidade de Brasília - UnB, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília - CEP 70910-900, Brasília, Brasil

Pages: 319–332

Resumo: Uma visão estratégia sobre a Tecnologia da Informação é fundamental para as que instituições financeiras se mantenham competitivas diante de um cenário com novos concorrentes, que se caracterizam por lançamentos de soluções financeiras de forma ágil e disruptiva. Acompanhar as tendências do mercado e antecipar-se a elas é um desafio que passa pela correta escolha de quais projetos de TI devem ser priorizados. O objetivo geral deste trabalho é propor um modelo de priorização de projetos de TI em uma instituição financeira com suporte do método de apoio à decisão PROMETHEE II. A escolha adequada dos critérios para avaliação dos projetos e a correta calibração dos pesos permitiu a construção de um modelo de decisão validado pelos decisores. A aplicação em um estudo de caso apresentou resultados que, à luz dos especialistas, são coerentes e ratificam o modelo construído como uma poderosa ferramenta de apoio à tomada de decisão.

Palavras-chave: Análise multicritério; apoio à decisão; priorização de projetos de TI; PROMETHEE II.

Model for prioritizing IT project execution in a financial institution

Abstract: A strategic view of Information Technology is critical for financial institutions to remain competitive against a backdrop of new competitors that characterizes financial solution launches in an agile and disruptive manner. Keeping up with and anticipating market trends is a challenge that involves choosing the right IT projects to prioritize. The general objective of this paper is to propose a model of prioritization of IT projects in a financial institution with support to the decision aid method PROMETHEE II. The proper choice of project evaluation criteria and the correct weight calibration allowed the construction of a decision model validated by the decision makers. The application in the case study shows results that, in the light of experts, are consistent and ratify the model built as a powerful decision support tool.

Keywords: Multicriteria analysis, Decision aiding, IT projects prioritization, PROMETHEE II,

1. Introdução

O surgimento das startups financeiras, as fintechs, elevou a competitividade no setor financeiro. Segundo o Banco Central – BACEN (2017), em novembro de 2017, existiam 332 *fintechs* atuantes no Brasil, um aumento de 36% desde fevereiro do mesmo ano. Em meio aos fatos negativos, diversos aspectos organizacionais podem ser afetados por um desempenho ruim da área de Tecnologia de Informação (TI). Sob outra perspectiva, um bom desempenho também pode contribuir para alcance da estratégia da organização. Decisões rápidas e assertivas sobre quais projetos de TI realizar passou a ser fundamental para buscar um posicionamento no mercado e, até mesmo, para a sobrevivência como empresa.

De forma geral, execução dos projetos estratégicos de uma empresa deve ser realizada de forma coordenada e deve conviver harmonicamente com outros projetos que, apesar de possuírem uma menor relevância estratégica, são importantes para manter os serviços oferecidos por meio de softwares no mesmo patamar das instituições concorrentes. Diante deste cenário, faz-se necessária uma gestão eficiente do portfólio de projetos de nível estratégico e operacional por parte dos gestores de negócios e equipes de TI (Fernandes, 2014). De acordo com o guia PMBOK (PMBOK, 2018), um portfólio é um conjunto de projetos, programas, portfólios subsidiários e operações gerenciados em grupo para alcançar objetivos estratégicos. O PMBOK (2018) deixa clara a necessidade de coordenação e integração na gestão de programas visando a obtenção de benefícios que não estariam disponíveis se eles fossem gerenciados individualmente.

Um dos principais desafios na gestão de programas e portfólios é a coordenação da execução dos projetos e atividades, de modo a obter os melhores resultados no menor tempo possível, considerando fatores subjetivos e critérios e cenários diversificados. A execução de um projeto envolve aspectos diversos e objetivos de desempenho e, não obstante, estes objetivos são conflitantes, o que caracteriza o problema multicritério. A utilização de um método que considera os diversos critérios decisórios se mostra aderente como ferramenta de apoio aos gestores, auxiliando principalmente quando o número de alternativas é elevado, além dos vários critérios devem ser considerados. Neste problema os projetos de TI são as alternativas a serem consideradas no processo decisório e, além disso, se deve levar em consideração aspectos subjetivos do decisor para a tomada de decisão mais assertiva, tais como, sua percepção de importância com relação a cada critério analisado e os desempenhos das alternativas.

A falta de planejamento na execução dos projetos pode resultar em atrasos em cronograma, incidência de erros em rotinas críticas, retrabalho, replanejamento e clientes insatisfeitos (PMBOK, 2018). A priorização dos projetos de TI pode apoiar o tomador de decisão na execução prioritária dos projetos que mais impactam positivamente a instituição.

Neste sentido, este estudo busca desenvolver um modelo de apoio à decisão que possa ser utilizado como mecanismo para auxiliar os gestores na definição da prioridade por execução de projetos, considerando os critérios que mais impactam para a obtenção dos melhores resultados organizacionais.

2. Seleção de Projetos de TI

Os projetos constituem um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo e são frequentemente utilizados como meio para atingir o plano estratégico de uma organização (PMBOK, 2018). Os projetos fazem parte do planejamento das instituições como forma de atender uma determinada necessidade e até mesmo aumentar sua competitividade no mercado. No caso dos projetos de TI, podem ser de extrema importância para o funcionamento e crescimento do negócio, pois de acordo com Fernandes & De Abreu (2014) Tecnologia da Informação é uma fonte de investimentos e despesas significativas para qualquer empresa devido à sua importância estratégica. Projetos de TI apresentam-se como fontes de obtenção de vantagem competitiva à medida que automatizam atividades e diminuem as variações dos resultados de processos produtivos (Oliveira & Rabechini Jr, 2017), que alinhado à governança de Tecnologia da Informação (TI) engloba a aplicação dos princípios de governança corporativa em implementações e controles estratégicos e na promoção e distinção do valor fornecido pelos processos e departamentos de TI à organização (De Souza, Gomes & De Barros, 2018). Em algumas instituições, a tecnologia reflete de forma expressiva seu valor no mercado e está inteiramente interligada ao negócio. De acordo com Albertin (2001) essa relação engloba desde o surgimento de novas tecnologias, ou novas aplicações, para atender às necessidades do novo ambiente, até o aparecimento de oportunidades criadas pelas novas tecnologias ou novas formas de sua aplicação.

O departamento de TI é normalmente desafiado a otimizar seu orçamento para fornecer maior valor ao negócio e, por conseguinte, melhorar a forma de como e em que medida esses serviços podem auxiliar em novos projetos (De Souza, Gomes & De Barros, 2018) e, por conseguinte, a sua seleção e priorização. Bhattacharyya, Kumar & Kar (2011) destacam que a seleção de projetos pode ser muito complexa por vários fatores, como por exemplo, as incertezas associadas, as interdependências entre projetos, o risco e o longo prazo de execução. Esses fatores tornam a escolha ou priorização de projetos de TI a serem executados uma decisão difícil de ser tomada. Conforme colocado por Saaty (1990), talvez a tarefa mais criativa ao tomar uma decisão seja escolher os fatores que são importantes para essa decisão. O processo decisório representa a escolha efetiva entre as possíveis alternativas e precede toda e qualquer ação a ser desenvolvida pela organização (Queiroz, Hékis, Nascimento, Nelson & Almeida, 2012), com isso, a escolha de uma ferramenta ou forma de selecionar e priorizar os projetos de TI pode representar um diferencial para os gerentes e coordenadores dos projetos. Existem algumas ferramentas e técnicas que são comumente utilizadas para priorização de projetos da Tecnologia da Informação, como a Análise SWOT (*Strenghts, Weakness, Opportunities and Threats*), a Matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), conforme aplicações a seguir:

- Análise SWOT (Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças), embora muito utilizada e muito comentada, e apesar das muitas pesquisas já efetuadas, até hoje não se conseguiu apontar, com precisão sua origem (Fernandes, 2015). Com isso, a empresa tenta maximizar seus pontos fortes e moderar o impacto dos seus pontos fracos (Queiroz, Hékis, Nascimento & Almeida, 2012).
- Matriz GUT: A matriz GUT foi proposta por Charles, Kepner, Benjamin & Tregoe (1981) como ferramenta de qualidade utilizada para solução e problemas (Sotille,

2014). É bastante utilizada para esse propósito. É uma ferramenta que pode ser usada em inúmeras finalidades, auxiliando no planejamento estratégico, contando sempre com as vantagens de possuir uma utilização fácil (De Vasconcellos, 2017). Essa ferramenta permite ao tomador de decisão priorizar determinada tarefa tendo como parâmetros de comparação a Gravidade, Urgência de Tendência da mesma. De Vasconsellos (2017) cita que essa técnica pode ser usada para seleção de requisitos de projetos de desenvolvimento de software. Sotille (2014) reforça que as vantagens da GUT está na possibilidade de alocação de recursos nos tópicos considerados mais importantes e no auxílio na elaboração de um planejamento estratégico.

Cada uma das técnicas abordadas anteriormente para seleção de projetos de TI apresenta uma forma subjetiva na avaliação de cada um dos projetos, não sendo possível avaliá-los por pesos, critérios complexos ou até mesmo uma comparação dos projetos entre si.

2.1. Análise multicritério para priorização de projetos de TI

De acordo com Marins, Souza & Barros (2009), a tomada de decisão deve buscar uma opção que apresente o melhor desempenho, a melhor avaliação, ou o melhor acordo entre as expectativas do decisor, considerando a relação entre os elementos de decisão. Realizando uma pesquisa histórica, identificou-se que desde de 1970 a análise multicritério tem sido uma área de pesquisa explorada para contribuição à solução de problemas de seleção de alternativas como, por exemplo, os estudos de Geoffrion, Dyer & Feinberg (1972) e de Yu & Zeleny (1975).

É possível realizar a priorização de alternativas num problema de seleção através de métodos MCDA - *Multiple Criteria Decision Analysis*, reconhecido também como MCDM - *Multi Criteria Decision Making Methods*, (Rodriguez, Costa & Do Carmo, 2013; Kazan, Özçelik & Hobikoğlu, 2015; Liao, Wu, Huang, Ren, Xu & Verma, 2018; Yu, Zhang, Liao & Qi, 2018.

Nas últimas décadas, várias aplicações e diferentes métodos, no contexto MCDA têm sido utilizados como propostas de ferramentas de apoio à tomada de decisão e escolha de melhores alternativas (Behzadian, Kazemzadeh, Albadvi & Aghdasi, 2010). Esse crescimento se dá muitas das vezes pela facilidade de aplicação das técnicas de multicritério e o fato da geração de uma decisão mais assertiva pelo decisor perante alternativas em meio à problemas conflitantes.

Os métodos MCDA são úteis para estruturação e análise de problemas complexos, caracterizados pela existência de múltiplos critérios de decisão, sendo alguns deles conflitantes entre si, e pela produção de ações, cujas consequências têm impacto econômico, social e/ou ambiental (Behzadian, Kazemzadeh, Albadvi & Aghdasi, 2010).

A análise multicritério proporciona o reconhecimento das limitações do ótimo matemático e utilização de uma abordagem que não parte de quaisquer pré-condições, mas procura construir um modelo com elementos-chave que capacitam os atores a evoluir no processo decisório como resultado dos seus próprios objetivos, convicções e julgamentos de valores (Ensslin, Rocha, Marafon & Medaglia, 2013).

Roy (1993) defende e completa o entendimento do método MCDA como sendo onipresença da subjetividade no processo decisório: i) onipresença da subjetividade no processo decisório; ii) paradigma da aprendizagem pela participação; iii) convicção do construtivismo; iv) reconhecimento das limitações do ótimo matemático e utilização de uma abordagem que não parte de quaisquer pré-condições.

2.2. PROMETHEE

A família PROMETHEE (Brans & Mareschal, 2005) é composta pelo PROMETHEE I para classificação parcial das alternativas, PROMETHEE II para a classificação completa das alternativas, PROMETHEE III para ranking baseado em intervalo, PROMETHEE IV para a classificação completa ou parcial das alternativas quando o conjunto de soluções viáveis for contínuo, PROMETHEE V para problemas com restrições de segmentação, PROMETHEE VI para a representação do cérebro humano, PROMETHEE GDSS para a tomada de decisões em grupo, PROMETHEE GAIA para representação gráfica, PROMETHEE TRI para lidar com problemas de classificação, PROMETHEE CLUSTER para classificação nominal. Estes métodos tratam principalmente da avaliação de um conjunto de alternativas de acordo com múltiplos critérios conflitantes (Polat, Damci, Gurgun & Demirli, 2016).

Um aspecto importante desse método está relacionado à facilidade dos decisores em entender os conceitos e parâmetros inerentes aos métodos, o que simplifica o processo de modelagem de preferências e, consequentemente, aumenta a efetividade da aplicação do método multicritério (Silva, Schramm & Carvalho, 2014). Esse aspecto representa uma grande vantagem dos métodos PROMETHEE sobre outros métodos de classificação, tais como os métodos ELECTRE.

O PROMETHEE pode ser utilizado como método de priorização onde o decisor precisa priorizar alternativas à luz de critérios conflitantes, em que uma delas não necessariamente será melhor que outra em todos os critérios e que um critério poderá ter um peso diferente do outro (Halouani, Chabchoub & Martel, 2009; Vetschera & De Almeida, 2012; Chen, Wang & Wu, 2011).

Brans & Mareschal (2005) declaram que as principais qualidades do método PROMETHEE estão associadas à sua simplicidade, clareza e estabilidade para auxiliar o tomador de decisão.

Conhecido também como um tipo de método *outranking*, o PROMETHEE apresenta a noção das alternativas não serem necessariamente comparáveis, ou seja, não existe uma opção *trade-off* (preferida), ou opção ideal (Silva, Schramm, & Carvalho, 2014). Isso se dá pelo fato de existirem três tipos de resultados, com relação à comparação: preferência, indiferença e incomparabilidade.

Geralmente os métodos MDCA utilizam critérios de preferência e auxiliam o tomador de decisão a realizar a escolha da melhor alternativa utilizando critérios de seleção (Linkov, Satterstrom, Kiker, Batchelor, Bridges & Ferguson, 2006; Behzadian, Kazemzadeh, Albadvi & Aghdasi, 2010; Silva, Schramm, & Carvalho, 2014), como por exemplo Preço, Complexidade, Segurança, Desempenho e etc. Diferentemente dos métodos usuais, o PROMETHEE, além dos critérios de preferência, considera como parâmetros

a indiferença e a incompatibilidade. Em primeiro lugar, uma determinada função de preferência precisa ser determinada (Pj(a,b)) para traduzir o desvio entre as avaliações de duas alternativas (a e b) sobre um critério específico (gj) num grau de preferência compreendido entre de 0 a 1. A pontuação de preferências de alternativas em um determinado critério é derivada de gj(a)- gj(b) (Murat, Kazan & Coskun, 2015).

A função de preferência é a característica exclusiva de os métodos PROMETHEE. Cada par de alternativas é comparado para calcular um valor de preferência por meio de um tipo de função de preferência selecionada para cada critério (Espinilla, Halouani & Chabchoub, 2015).

O PROMETHEE baseia-se na avaliação de alternativas de acordo com os critérios e a determinação da medida do domínio mútuo das alternativas utilizadas para classificá-lo, onde é necessário identificar qual a função gráfica de preferência a ser utilizada (Brans & Mareschal, 2005; Dražić, Dunjić, Mučenski & Peško, 2016; Ozsahin, Uzun, Musa, Helwan, Wilson, Nurcin,... & Ozsahin, 2017; Maadi, Javidnia & Khatami, 2016).

Na formulação do PROMETHEE II, utilizado neste trabalho, considera-se: gj(a) o valor da ação "a" e gj(b) o valor da ação "b" para o critério j, o desvio d é a diferença entre os valores das duas alternativas, dado por: d(a,b) = gj(a)- gj(b). A função preferência é definida como uma função do desvio e, conforme os autores do método, pode ser: Usual, U-Shape, V-Shape, V-Shape com indiferença, Nível e Gaussiana. O limite de indiferença q é o maior valor do desvio d(a,b) abaixo do qual há uma indiferença para decisor. O limite de preferência p é o menor valor para d(a,b) acima do qual há uma preferência estrita para decisor (Brans & Mareschal, 2005).

Sejam "a" e "b" duas ações pertencentes a um conjunto de ações A; P a função preferência; "w" o peso para cada critério "j". O índice de agregação de preferência é dado pela equação 2.1.

$$\pi(a,b) = \sum_{j=1}^{k} P_j(a,b).w_j \tag{2.1}$$

Considerando as alternativas analisadas, o fluxo positivo de sobreclassificação indica quanto a alternativa "a" sobreclassifica todas as outras alternativas (equação 2.2). O fluxo negativo de sobreclassificação indica quanto a alternativa "a" é sobreclassificada por todas as outras alternativas (equação 2.3).

$$\phi^{+}(a) = \frac{1}{n-1}\sum_{x\in A}\pi(a,x) \tag{2.2}$$

$$\phi^{-}(a) = \frac{1}{n-1}\sum_{x\in A}\pi(x,a) \tag{2.3}$$

O fluxo líquido é a diferença entre os fluxos positivos e negativos e é utilizado no PROMETHEE II para prover a ordenação completa das alternativas (Brans & Mareschal, 2005).

3. Priorização de projetos de TI em uma instituição financeira

Esta pesquisa teve como motivação a proposição de uma ferramenta de apoio à decisão voltada para projetos de TI de uma instituição financeira. Utilizou-se como estudo de caso a equipe de canais digitais de uma instituição financeira.

A análise para priorização foi realizada para demandas referentes ao canal Office Banking incluídas na pauta de canais digitais do segundo quadrimestre de 2018, totalizando 25 solicitações de projetos. Na priorização feita à época, sem a aplicação de nenhum método formal, foram realizadas análises individuais pelos gestores e equipe de TI e chegou-se ao resultado apresentado no Tabela 1.

Muito alta	Alta	Moderada	Baixa	Muito baixa
ContaComprov TelFatCartao LibFavQRCode ProvSaq	FolhaPag VanExtConta BoletoEmail IntCont VAN PAR APIRemCNAB APIRetCNAB MultRemCNAB	LimCredCart VlrMaxPreAprov IntCap SEFAZ-BA	PerExtConta IntCTE ReestInst	ReorgContrPerm TransAnt TelaConsDDA FiltroExtAplic RelIncCNABCo

Tabela 1 – Prioridades dos projetos pela perspectiva inicial do Gestor

O modelo proposto neste trabalho prevê a definição dos critérios de priorização e, para tanto, foram consultados os especialistas da área de desenvolvimento de sistemas de canais digitais da organização e o gestor do tema.

Após análise dos fatores que auxiliam o gestor e a equipe de TI na tomada de decisão em relação à priorização de projetos, chegou-se a nove critérios, descritos na Tabela 2, os quais são considerados relevantes para realização da priorização dos projetos de TI, no contexto do estudo. Com base na experiência em processos anteriores de avaliação dos projetos, os especialistas realizaram os ajustes dos pesos dos critérios.

Sigla	Critério	Descrição	Peso	Min/Max
REGULATORIO	*Contribuição para cumprimento regulatório*	Estas regras são apresentadas por meio de resoluções que devem ser cumpridas pelas instituições.	21,96	max
ESTRATEGICO	*Contribuição para alcance da estratégia da organização*	Outro critério muito importante, que tem o objetivo de identificar aqueles projetos que estão alinhados com o planejamento estratégico da instituição.	21,96	Max
SEGURANCA	*Contribuição para aumento da segurança da informação*	Este critério, portanto, deve possuir um peso diferenciado em relação às demandas normais.	21,96	max

Sigla	Critério	Descrição	Peso	Min/Max
AREAS_TI	*Quantidade de áreas de TI da organização comprometidas*	Este critério pode assumir valores quantitativos discretos, sendo o mínimo igual a 1 (um), que é a própria área responsável pela execução da demanda.	2,2	Min
AREAS_ EXTERNAS	*Quantidade de áreas externas à organização comprometidas*	Valores quantitativos discretos, sendo o mínimo igual a 0 (zero).	2,2	min
DEADLINE	*Tempo até o deadline*	Este critério foi criado para avaliar, em quantidade de dias corridos, o prazo até a chegada da data determinada para o fim do projeto.	15,37	min
COMPLEXIDADE	*Complexidade*	Este critério define qual o esforço de desenvolvimento, homologação e implantação o projeto demanda.	2,2	Min
RECURSOS	*Recursos de desenvolvimento*	Valor estimado em homem-hora necessário para o desenvolvimento da solução.	2,2	Min
ABRANGENCIA	*Abrangência*	Número de clientes afetados. Alguns projetos podem ser priorizados em ralação a outros casos atinjam um número maior de clientes.	10,0	max

Tabela 2 – Critérios para priorização de projetos de TI

O passo seguinte foi realizar a avaliação de cada alternativa (Tabela 3), à luz de cada critério, para posterior aplicação do método MCDA.

Alternat.	Regul.	Estratég.	Segur.	Áreas TI	Áreas Externas	Fim	Comp.	Rec.	Abra.
FolhaPag	0	1	0	2	0	90	2	80	3
BoletoEmail	0	1	0	1	0	n/a	2	80	2
PAR	0	1	0	2	0	90	3	160	3
IntCont	*1*	*0*	*0*	*1*	0	180	5	960	n/a
IntCTE	0	0	0	2	0	n/a	2	8	n/a
TelaConsDDA	0	0	0	2	0	n/a	1	8	4
APIRemCNAB	0	1	0	3	1	n/a	5	320	2
TransAnt	0	0	0	1	0	n/a	2	40	5
MultRemCNAB	0	0	0	1	0	n/a	2	8	3
APIRetCNAB	0	1	0	3	1	n/a	5	320	2

Alternat.	Regul.	Estratég.	Segur.	Áreas TI	Áreas Externas	Fim	Comp.	Rec.	Abra.
SEFAZ-BA	0	0	0	2	1	90	3	160	2
TelFatCart	1	0	0	2	1	30	1	8	5
VAN	0	1	0	3	4	n/a	5	960	4
LimCredCart	0	0	0	2	0	n/a	1	8	4
VlrMaxPreAprov	0	0	0	2	0	n/a	1	8	4
ContaComprov	1	0	0	1	0	1	1	8	5
FiltroExtAplic	0	0	0	2	0	n/a	2	24	3
LibFavQRCode	0	0	1	1	0	n/a	2	24	5
PerExtConta	0	0	0	1	0	n/a	2	24	5
ProvSaq	1	0	0	2	0	60	2	80	3
IntCap	0	0	0	2	0	n/a	2	40	4
VanExtConta	0	1	0	2	0	n/a	3	160	3
RelIncCNABCob	0	0	0	2	0	n/a	3	40	3
ReorgContrPerm	0	0	0	1	0	n/a	2	24	5
ReestInst	0	0	0	1	0	n/a	4	160	n/a

Tabela 3 – Avaliação dos projetos de TI segundo cada critério

A Tabela 4 apresenta o ranking dos projetos, por meio do fluxo líquido, resultado da estruturação do problema e consequente aplicação do método. Utilizou-se como apoio computacional a ferramenta *Visual PROMETHEE Academic*.

Rank	Alternativas	Phi	Phi+	Phi-
1	*ContaComprov*	0,2779	0,3511	0,0732
2	*TelFatCart*	0,2231	0,3292	0,1061
3	*LibFavQRCode*	0,2148	0,3264	0,1116
4	*ProvSaq*	0,0998	0,2572	0,1574
5	*FolhaPag*	0,0742	0,2106	0,1364
6	*VanExtConta*	0,0669	0,1968	0,13
7	*BoletoEmail*	0,0613	0,1994	0,1381
8	*IntCont*	0,0595	0,2113	0,1518
9	*VAN*	0,0574	0,2105	0,153
10	*PAR*	0,0541	0,2033	0,1492

Rank	Alternativas	Phi	Phi+	Phi-
11	*PerExtConta*	-0,0138	0,1069	0,1207
12	*ReorgContrPerm*	-0,0138	0,1069	0,1207
13	*TransAnt*	-0,0202	0,1042	0,1244
14	*APIRemCNAB*	-0,0302	0,1674	0,1976
15	*APIRetCNAB*	-0,0302	0,1674	0,1976
16	*TelaConsDDA*	-0,0551	0,0879	0,143
17	*LimCredCart*	-0,0551	0,0879	0,143
18	*VlrMaxPreAprov*	-0,0551	0,0879	0,143
19	*IntCap*	-0,0862	0,0714	0,1576
20	*IntCTE*	-0,0905	0,032	0,1226
21	*MultRemCNAB*	-0,0996	0,0606	0,1602
22	*ReestInst*	-0,1171	0,0265	0,1436
23	*FiltroExtAplic*	-0,1298	0,045	0,1748
24	*RelIncCNABCob*	-0,1499	0,0386	0,1885
25	*SEFAZ-BA*	-0,2424	0,0183	0,2607

Tabela 4 – Ranking dos projetos com o PROMETHEE II

Em seguida, comparou-se o resultado obtido por meio do *ranking* do fluxo líquido global, exibido na Tabela 4, com o realizado na época (Tabela 1). Ao comparar as duas priorizações percebeu-se que o resultado foi bastante próximo, com as primeiras posições do *ranking* PROMETHEE II coincidindo aquelas demandas com maior prioridade, assim como as últimas posições com as de menor prioridade, com exceção para quatro demandas.

Buscou-se então entender esses quatro casos, e concluiu-se que as demandas "MultRemCNAB" e "SEFAZ-BA" foram classificadas pelo gestor com uma prioridade mais alta por uma questão estritamente política, portanto, não tratada pelo modelo. Com relação às demandas "ReorgContrPerm" e "TransAnt", percebeu-se que o gestor não atribuiu prioridades altas, porém, por se tratarem de demandas de baixa complexidade e esforço (recursos) e possuírem uma abrangência muito alta, foram priorizadas com nível mais alto pelo modelo gerado pelo PROMETHEE II, o que, após apresentado aos especialistas, julgou-se como adequado.

4. Conclusões

Em um mercado competitivo como o financeiro, decisões corretas são essenciais, principalmente as que afetam estrategicamente as organizações como as relacionadas à Tecnologia da Informação. A TI é a principal responsável pela expansão do alcance dos

serviços financeiros e deve ser uma área alvo de investimentos e preocupação pelo setor financeiro a fim de impulsionar a sua competitividade.

Este estudo buscou a construção de um modelo de tomada de decisão aplicável à priorização de demandas de TI em uma instituição financeira, cujo ambiente exige decisões rápidas e assertivas para que possa acompanhar tanto o competitivo mercado quanto as exigentes regulamentações feitas pelos órgãos competentes.

O método escolhido para apoiar o processo foi o PROMETHEE II, por permitir utilizar parâmetros de indiferença e incomparabilidade, presentes no problema real, assim como prover uma ordenação dos projetos, considerando no modelo o aspecto conflitante dos critérios utilizados para avaliar os projetos de TI. Como ferramenta de apoio computacional utilizou-se o software Visual PROMETHEE Academic, que se mostrou bastante apropriado para a tarefa, permitindo a configuração dos critérios, pesos e alternativas de maneira a representar adequadamente o problema estudado.

A validação do método foi feita por meio de um estudo de caso com demandas de projetos de TI que já haviam sido priorizadas pelos especialistas. Tal análise permitiu a comparação entre a priorização empírica que havia sido realizada primeiramente pelos decisores com o resultado provido pela aplicação da metodologia multicritério de apoio à decisão, ao incorporar as preferências dos decisores de forma estruturada.

A aplicação do método mostrou-se bastante coerente no processo, podendo ser utilizada como apoio para as futuras priorizações de projetos de TI que ocorrerão na instituição e, até mesmo, em outras áreas da empresa, pois a possibilidade de escolha dos critérios permite sua adequação à cenários que correspondem a contextos diferentes dos estudados aqui. Como recomendação para trabalhos futuros, recomenda-se a exploração de outras variáveis de decisão presentes em projetos de TI, como a mensuração de esforço e tamanho de software.

Referências

Albertin, A. L. (2001). Valor estratégico dos projetos de tecnologia de informação. *Revista de Administração de Empresas,* 41(3)*,* 42-50.

BACEN – Banco Central do Brasil. *Relatório de Economia Bancári*a – Volume 1, Número 1, 2017. Disponível em https://www.bcb.gov.br/pec/depep/spread/reb2018/REB_2017_ed_12_jun_18.pdf. Acesso em 21/12/2018.

Behzadian, M., Kazemzadeh, R. B., Albadvi, A., & Aghdasi, M. (2010). PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European journal of Operational research*, 200(1), 198-215.

Bhattacharyya, R., Kumar, P., & Kar, S. (2011). Fuzzy R&D portfolio selection of interdependent projects. *Computers & Mathematics with Applications*, 62(10), 3857-3870.

Brans, J.P., Mareschal, B. PROMETHEE methods. In: Figueira, J., Greco, S., Ehrgott, M. (Eds.), Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. *Springer Science and Business Media*, Inc., cap. 5, 163–196, 2005.

Chen, Y. H., Wang, T. C., & Wu, C. Y. (2011). Strategic decisions using the fuzzy PROMETHEE for IS outsourcing. *Expert Systems with Applications*, 38(10), 13216-13222.

De Souza, L. P., Gomes, C. F. S., & De Barros, A. P. (2018). Implementation of New Hybrid AHP–TOPSIS-2N Method in Sorting and Prioritizing of an it CAPEX Project Portfolio. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 17(04), 977-1005.

De Vasconcelos, A. P. V. (2017). Matriz GUT como alternativa para priorização de requisitos no desenvolvimento de software. In *Congresso Nacional de Excelência em Gestão*.

Dražić, J., Dunjić, D., Mučenski, V., & Peško, I. (2016). Multi-criteria analysis of variation solutions for the pipeline route by applying the PROMETHEE method. *Tehnički vjesnik*, 23(2), 599-610.

Ensslin, L., Ensslin, S. R., Rocha, S., Marafon, A. D., & Medaglia, T. A. (2013). Modelo multicritério de apoio à decisão construtivista no processo de avaliação de fornecedores. *Production*, 23(2), 402-421.

Espinilla, M., Halouani, N., & Chabchoub, H. (2015). Pure linguistic PROMETHEE I and II methods for heterogeneous MCGDM problems. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 8(2), 250-264.

Fernandes, D. R. (2015). Uma visão sobre a análise da Matriz SWOT como ferramenta para elaboração da estratégia. *Revista de Ciências Jurídicas*, 13(2).

Fernandes, A. A., & De Abreu, V. F. (2014). *Implantando a Governança de TI-: Da estratégia à Gestão de Processos e Serviços*. Brasport.

Geoffrion, A. M., Dyer, J. S., & Feinberg, A. (1972). An interactive approach for multi-criterion optimization, with an application to the operation of an academic department. *Management science*, 19(4-part-1), 357-368.

Halouani, N., Chabchoub, H., & Martel, J. M. (2009). PROMETHEE-MD-2T method for project selection. *European Journal of Operational Research*, 195(3), 841-849.

Kazan, H., Özçelik, S., & Hobikoğlu, E. H. (2015). Election of deputy candidates for nomination with AHP-PROMETHEE methods. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 195, 603-613.

Liao, H., Wu, D., Huang, Y., Ren, P., Xu, Z., & Verma, M. (2018). Green logistic provider selection with a hesitant fuzzy linguistic thermodynamic method integrating cumulative prospect theory and PROMETHEE. *Sustainability*, 10(4), 1291.

Linkov, I., Satterstrom, F. K., Kiker, G., Batchelor, C., Bridges, T., & Ferguson, E. (2006). From comparative risk assessment to multi-criteria decision analysis and adaptive management: Recent developments and applications. *Environment International*, 32(8), 1072-1093.

Maadi, M., Javidnia, M., & Khatami, M. (2016). Business intelligence evaluation model in enterprise systems using fuzzy PROMETHEE. *Journal of Intelligence Studies in Business*, 6(3).

Marins, C. S., SOUZA, D. D. O., & BARROS, M. D. S. (2009). O uso do método de análise hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais–um estudo de caso. In *XLI SBPO*, 1, 49.

Murat, S., Kazan, H., & Coskun, S. S. (2015). An application for measuring performance quality of schools by using the PROMETHEE multi-criteria decision making method. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 195, 729-738.

Oliveira, J. C., & Rabechini Jr, R. (2017). Seleção de portfólio de projetos na área de tecnologia da informação. *Revista Gestão & Tecnologia*, 17(1), 79-106.

Ozsahin, D. U., Uzun, B., Musa, M. S., Helwan, A., Wilson, C. N., Nurcin, F. V., ... & Ozsahin, I. (2017). Evaluating cancer treatment alternatives using Fuzzy PROMETHEE method. *Int. J. of Adv. Comp. Sci. and Applications*, 8(10), 177-188.

PMBOK, G. (2018). *Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos*. Sexta Edição, 123.

Polat, G., Damci, A., Gurgun, A. P., & Demirli, I. (2016). Urban renewal project selection using the integration of AHP and PROMETHEE approaches. *Procedia engineering*, 164, 339-346.

Queiroz, J. V., Hékis, H. R., Nascimento, H. M., Nelson, R. B., & Almeida, V. D. (2012). Franchising e especialização de serviços como estratégia de crescimento e manutenção: uma análise através da Matriz SWOT e GUT na DDEx–Direct to Door Express. *Revista GEPROS*, (1), 49.

Rodriguez, D. S. S., Costa, H. G., & Do Carmo, L. F. R. R. S. (2013). Métodos de auxílio multicritério à decisão aplicados a problemas de PCP: Mapeamento da produção em periódicos publicados no Brasil. *Gestão & Produção*, 20(1), 134-146.

Roy, B. (1993). Decision science or decision-aid science? *European journal of operational research*, 66(2), 184-203.

Saaty, T. L. (1990). How to mark a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 48(1), 9-26.

Silva, V. B. S., Schramm, F., & Carvalho, H. R. C. (2014). O uso do método PROMETHEE para seleção de candidatos à bolsa-formação do Pronatec. *Production*, 24(3), 548-558.

Sotille, M. (2014). *A ferramenta GUT-Gravidade, Urgência e Tendência*. PM Tech Capacitação de Projetos.

Vetschera, R., & De Almeida, A. T. (2012). A PROMETHEE-based approach to portfolio selection problems. *Computers & Operations Research*, 39(5), 1010-1020.

Yu, P. A., & Zeleny, M. (1975). The set of all nondominated solutions in linear cases and a multicriteria simplex method. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 49(2), 430-468.

Yu, X., Zhang, S., Liao, X., & Qi, X. (2018). ELECTRE methods in prioritized MCDM environment. *Information Sciences*, 424, 301-316.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 05/09/2019
Aceitação/Acceptance: 23/11/2019

FAVO: Framework de Gestión Autónoma de Organizaciones Virtuales basado en la Industria 4.0

Cindy-Pamela Lopez[1], Marco Santorum[1], Jose Aguilar[2, 3]

cindy.lopez@epn.edu.ec, marco.santorum@epn.edu.ec, joseaguilar@ula.ve

[1] Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara E11·253, 170525, Quito, Ecuador.

[2] CEMISID Faculta de Ingeniería, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

[3] Departamento de Informática y Sistemas, Universidad EAFIT, Medellin, Colombia

Pages: 333–345

Resumen: En la era de la información, la digitalización está transformando a las organizaciones tradicionales, permitiéndoles mejorar su productividad, ser más competitivas y flexibles. Además, les da la oportunidad de formar alianzas estratégicas, también llamadas Organizaciones Virtuales (OV). Las organizaciones tienen que enfrentar estos desafíos con inteligencia, para colaborar de manera efectiva y lograr sus objetivos. La literatura existente muestra que los diferentes aspectos de la colaboración entre OV se han discutido y abordado ampliamente, pero no se ha encontrado un *framework* que, basado en los beneficios de la Industria 4.0, pueda aplicarse a la creación y gestión de OV de manera autónoma. A partir de esta brecha encontrada en la literatura, se propone diseñar un *framework* que garantice la efectividad de la gestión autónoma interorganizacional, mediante el uso de ciclos autónomos de tareas de analítica de datos y procesos de colaboración.

Palabras-clave: organización virtual; procesos colaborativos; ciclos autónomos; analítica de datos; Industria 4.0.

FAVO: Framework of Autonomous Virtual Organizations based on Industry 4.0

Abstract: In the information age, the digitalization is transforming traditional organizations, allowing them to improve their productivity, be more competitive and flexible. In addition, it gives them the opportunity to form strategic alliances, also called Virtual Organization (VO). Organizations have to face these challenges smartly, in order to collaborate effectively and achieve their goals. The existing literature shows that the different aspects of collaboration between VOs have been widely discussed and addressed, but no framework has been found that, based on the benefits of Industry 4.0, can be applied to the creation and management of VOs in a way autonomous. From this gap found in the literature, it is proposed to design a framework that guarantees the effectiveness of inter-organizational autonomous management, through the use of autonomous cycles of data analytics tasks and collaborative processes.

***Keywords**:* virtual organization; collaborative processes; autonomous cycles; Industry 4.0; data analytics.

1. Introducción

La industria, y todo tipo de organizaciones, enfrentan un gran desafío hoy en día, con respecto a la adopción de las tecnologías de información y comunicación, para mantenerse con vida y no desaparecer ante la fuerte competitividad (Khan & Turowski, 2016). Para describir el panorama actual de este amplio campo, se realizó un estudio de mapeo sistemático (Petersen, Vakkalanka, & Kuzniarz, 2015), una revisión de la literatura de cada tema basada en las directrices de (Kitchenham, 2012), y un marco conceptual de los temas de estudio. La Industria 4.0 está revolucionando no solo la industria, sino también la salud, la educación, la agricultura, y en general, todos los ámbitos de la sociedad (Hermann, Pentek, & Otto, 2016; C. Lopez, Segura, & Santorum, 2019). Es así como los conceptos de base de la Industria 4.0, como el Big data, el Internet de las cosas, el Aprendizaje automático, la Minería de datos, entre otros conceptos, están cambiando la forma en que las empresas y organizaciones se llevan a cabo. Grandes y conocidas marcas como Volkswagen, Toyota y gobiernos de países como Alemania, Japón, China y Singapur, lideran la adopción de la cuarta revolución industrial (Benali, Dafflon, Bentaha, & Moalla, 2017). Sin duda, existe una gran brecha entre las empresas que están a la vanguardia en tecnología y las empresas que manejan sus operaciones de manera tradicional. Y este es el caso en particular de las pymes, que no tienen los recursos necesarios para utilizar las tecnologías de la Industria 4.0, por lo que estarían destinadas a desaparecer. Ante esta situación, se han llevado a cabo varias investigaciones en los últimos años para mitigar este pronóstico (C. Lopez, Segura, & Santó, 2019; Mendoza, Rojano, & Edwin, 2016). Los trabajos más recientes se centran en proponer alianzas estratégicas, procesos colaborativos inteligentes, y la formación de organizaciones virtuales (Cancian, Teixeira, & Rabelo, 2015; Priego-roche, Rieu, & Front, 2016; Rabelo, Bernus, & Romero, 2015). En este contexto, se han propuesto frameworks y nuevos modelos de procesos de negocio, modelos colaborativos, etc. Sin embargo, a pesar de que este tema ya se ha abordado ampliamente, cada una de estas propuestas se centra en las cadenas de suministro y el valor de productos específicos, lo que dificulta la aplicabilidad en la diversidad de las organizaciones existentes (Ivanov, Dolgui, Sokolov, Werner, & Ivanova, 2016; Paulo, 2015; Uchihira, Ishimatsu, & Inoue, 2016). Además, esas propuestas no funcionan de manera autónoma, haciendo uso de las nuevas tecnologías.

Para resolver los problemas y las brechas mencionadas anteriormente, proponemos un framework de gestión que guíe la creación de organizaciones virtuales de forma autónoma, basado en un modelo colaborativo. En particular, el framework usa el concepto de Ciclos Autónomos de Tareas de Analítica de Datos (ACODAT) (Aguilar, Cordero, & Buendía, 2018), la Metodología para el desarrollo de aplicaciones de minería de datos basadas en análisis organizacional (MIDANO) (Pacheco, Rangel, Aguilar, Cerrada, & Altamiranda, 2014), y otras tecnologías de la Industria 4.0 como Big data, Cloud computing, Aprendizaje automático e Inteligencia artificial. De esta manera, el objetivo principal de este trabajo es diseñar un Framework de Gestión Autónoma de Organizaciones Virtuales basado en la Industria 4.0, para lo cual comenzamos revisando la literatura de los últimos años, con el fin de proponer un marco conceptual para el

framework, que responda a las siguientes cualidades: las formas más recientes de organizaciones virtuales, los componentes e interacciones que debe tener el framework de gestión de organización virtual basado en el concepto de ciclos autónomos de tareas de análisis de datos.

Para lograr procesos autónomos de creación de organizaciones virtuales, se aplicarán los conceptos básicos ACODAT (Aguilar, Cordero, Buendia, 2018) y (Endsley, 1988) definiendo un conjunto de tareas de análisis de datos que interactúan entre sí, los cuales tienen diferentes roles y subtareas tales como: recolectar la data, observar el proceso, analizar e interpretar lo que sucede, y finalmente, tomar decisiones para mejorar el proceso autónomo. Esta integración de tareas de análisis de datos se llevará a cabo siguiendo la metodología MIDANO (Pacheco et al., 2014), que es apropiada para un contexto organizacional que maneja una gran cantidad de datos. De esta manera, las tareas analíticas se integrarán de manera coherente, para generar conocimiento estratégico útil para lograr una eficaz colaboración dentro de las organizaciones virtuales.

1.1. Metodología

Para llevar a cabo esta propuesta, nos guiamos por los trabajos de mapeo sistemático-SMS de (Petersen et al., 2015) y de revisión sistemática de la literatura-SLR de (Kitchenham, 2012). Para la revisión sistemática de la literatura, se realizaron tres fases: planificación de la revisión, desarrollo de la revisión y análisis de los resultados.

En la etapa de *Planificación de la revisión* se establecieron los criterios de inclusión, tales como tomar en cuenta las referencias desde el año 2009, en el idioma inglés y de las siguientes fuentes de extracción: Scopus, Web of Science, IEEE Explore, Biblioteca Digital ACM y Springer.

En la etapa de *desarrollo de la revisión*, se establecieron las cadenas de búsqueda y los términos asociados, lo que nos permitió realizar una búsqueda exhaustiva en las fuentes de extracción seleccionadas. Esta fase tuvo tres iteraciones, que permitieron refinar los criterios de búsqueda. Como se muestra en la Tabla [1], se definieron doce cadenas de búsqueda que nos dieron alrededor de 150 trabajos resultantes, de los cuales 31 fueron relevantes en relación con el tema de estudio, para llevar a cabo la revisión sistemática de la literatura.

Finalmente, en la etapa de *análisis de los resultados*, se definieron tres dominios conceptuales para la agrupación de los resultados y la discusión: i) Organizaciones virtuales ii) Industria 4.0, y iii) Ciclos autónomos.

Cadenas	Término asociado	Cadena booleana en inglés
Organización virtual	Framework	ALL (virtual AND organizations AND framework)
	Caracterización	ALL (virtual AND organizations AND characterization)
	Formalización	ALL (virtual AND organizations AND formal AND approach)
	Red colaborativa	ALL (virtual AND organizations) OR (collaborative AND network)

Industria 4.0	Framework	ALL (“industry 4.0” AND framework)
	Caracterización	ALL (“industry 4.0” AND characterization)
	Formalización	ALL (“industry 4.0” AND formal AND approach)
	Red colaborativa	ALL (“industry 4.0”) OR (collaborative AND network)
Ciclos autónomos	Framework	ALL (autonomous AND cycles AND framework)
	Caracterización	ALL (autonomous AND cycles AND characterization)
	Formalización	ALL (autonomous AND cycles AND formal AND approach)
	Red colaborativa	ALL (autonomous AND cycles) OR (collaborative AND network)

Tabla 1 – Cadenas de búsqueda booleanas

2. Revisión de la literatura relacionada

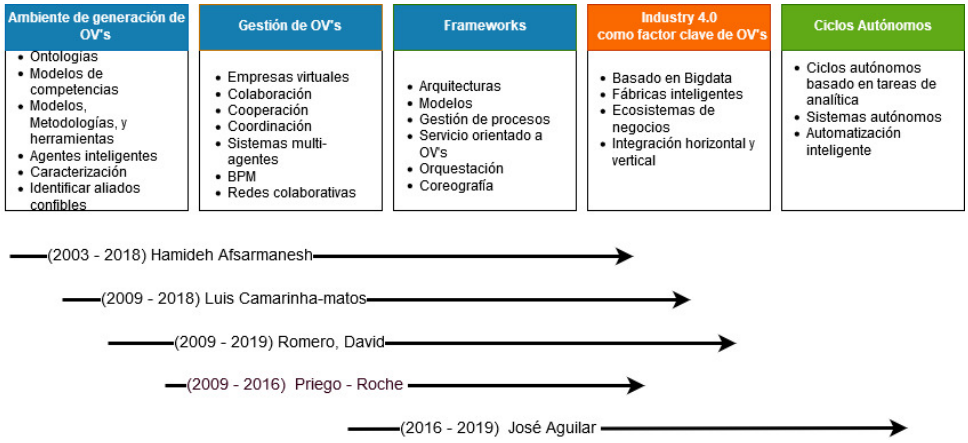


Figura 1 – Visión cronológica temática por principales autores

La Figura 1 muestra una perspectiva cronológica y temática de los principales autores vinculados a nuestra temática. Afsarmanesh, Hamideh, (2003-2018) es una investigadora que ha trabajado muchos años en el campo de las OV. Sus grandes esfuerzos se centran en obtener conocimiento básico del negocio, como los objetivos, estrategias y desafíos que enfrentan las organizaciones al momento de colaborar entre pequeñas y grandes empresas. En ese sentido, ha realizado trabajos de caracterización de entornos adecuados para la formación de organizaciones virtuales, modelos de redes colaborativas, y ha propuesto modelos formales para la creación de organizaciones virtuales (Afsarmanesh, Camarinha-matos, & Msanjila, 2009; Afsarmanesh & Ermilova, 2010).

Camarinha-Matos (2009-2018) ha trabajado en temas de redes colaborativas, ecosistemas empresariales, entornos de generación de organizaciones virtuales, destacando la importancia de la colaboración interorganizacional para mejorar la productividad y mantenerse competitivo (Camarinha-matos, 2018).

Romero (2009-2019) explica el comportamiento de las organizaciones que colaboran aplicando tecnologías avanzadas, y como la productividad y calidad de servicio mejoran al aliarse con socios de manera estratégica, formando organizaciones virtuales. Este autor se centra en proponer nuevos modelos de procesos para una organización virtual, y obtener beneficio para todos los aliados de manera justa (Romero, 2015).

Aguilar (2015-2019) presenta una especificación de ciclos autónomos en base de técnicas de analítica de datos que sirven para la automatización de tareas que requieren procesar datos desde distintas fuentes, con el fin de obtener conocimiento que luego es usado para la toma de decisiones en cualquier ámbito. Este autor ha aplicado este concepto de ciclos autónomos en el aprendizaje (Aguilar et al. 2015; Aguilar, Cordero, Buendia, 2018; Aguilar, Cordero, Barba et al. 2018), en sistemas de comunicación (Aguilar, Torres, & Aguilar, 2018, Morales et al., 2019), en nanotecnología y en la industria (López-Pacheco & Aguilar, 2019), y en las ciudades inteligentes (Aguilar J., Garces-Jimenez A., et al., 2019).

Priego-Roche (2009-2016) se enfoca en caracterizar las organizaciones virtuales, y explica todos los elementos de una organización virtual, basado en el estudio de los objetivos, estrategias y procesos de negocios que intervienen para obtener los mejores resultados en ingresos y productividad. En su trabajo más reciente, propone un enfoque integral que lo llama 360 grados, en el cual propone un modelo basado en un análisis horizontal y vertical de las OV.

La tabla 1 muestra un análisis de los trabajos relacionados con nuestra propuesta, y como se puede apreciar, no hay trabajos que hablen sobre una gestión autónoma de organizaciones virtuales basadas en el paradigma de la Industria 4.0 y el concepto de ciclos autónomos de tareas de análisis de datos.

Como se aprecia en la *Tabla 2*, nuestra propuesta consiste esencialmente en formalizar un framework autónomo, que hace posible el proceso de colaboración entre organizaciones de manera expedita, confiable y en tiempo real, usando la analítica de datos para guiar ese proceso. Hay trabajos de ciclos autónomos de análisis de datos en otros ámbitos, de caracterización de organizaciones virtuales, entre otras cosas, pero no para ayudar a procesos autónomos colaborativos para organizaciones virtuales.

3. Modelo conceptual

En la Figura 2 se muestra el modelo conceptual, que se divide en el contexto y el propio framework propuesto.

3.1. Contexto

El contexto está compuesto por tres componentes, a saber (ver Figura 2):

Industria 4.0: En el contexto tenemos la tecnología Industria 4.0, que será el soporte tecnológico del framework propuesto, con sus normas (Pichler, 2017), y el modelo de

referencia RAMI 4.0 (Hankel & Ag, 2016). En particular, la Industria 4.0 representa el surgimiento de nuevas tecnologías que aplicadas a la industria, están transformando los negocios (Nikolic, Ignjatic, Suzic, Stevanov, & Rikalovic, 2017), no solo en la producción, sino que también permite conectar lo virtual con lo físico, para que los usuarios, productos y organizaciones puedan comunicarse entre sí.

Factors	Sub-factors	Variables	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Organizaciones virtuales	Ambiente de generación ideal para organizaciones virtuales (VBE)	Metodología	□	□	□			
		Gestión	□	□	□			
		Ecosistemas	□	□	□			
		Selección de socios	□	□				
		Especificación del producto	□	□				
	Organizaciones	Pymes	□	□	□	□	□	
		Educación					□	
		Industria		□			□	
		Gobiernos y ONG		□				
	Organizaciones virtuales	Modelos colaborativos	□	□	□	□	□	
		BPM	□	□		□		
		Caracterización	□			□		
		Gestión	□	□	□	□	□	
		Frameworks	□	□	□	□		□
Ciclos autónomos	Sistemas autónomos	Tareas de analítica					□	□
		Modelos autónomos					□	□
		Autoconfiguración					□	□
Industria 4.0	Normas y estándares	Arquitectura de referencia						
		Estandarización						
	Tecnologías	Sistemas ciber físicos		□	□			
		Big data					□	□
		Cloud computing					□	□
		Internet de las cosas		□			□	

Afsarmanesh (1), Camarinha-Matos(2), Romero(3), Priego-Roche (4), Aguilar (5), Author's proposal (6)

Tabla 2 – Análisis comparativo de trabajos relacionados

Organizaciones: Como segundo componente del contexto, están los tipos de organizaciones donde se podría aplicar el marco actual propuesto. A pesar, que el tema de organizaciones virtuales ha sido ampliamente estudiado para empresas, industria o grandes corporaciones, ésta propuesta también ha sido pensada para apoyar a las pymes, organizaciones sin fines de lucro, instituciones públicas, y también la educación.

Necesidades cambiantes del entorno: Hoy en día, vivimos en un ambiente globalizado, donde las necesidades de los clientes son cambiantes, los cuáles demandan productos personalizados y en corto tiempo de entrega.

3.2. FAVO

El principal objetivo de este trabajo es la definición del Framework de gestión de organizaciones virtuales autónomas, denominado FAVO (siglas de *framework of autonomous virtual organizations)*, el cual está constituido por ciclos autónomos de tareas de analítica de datos para monitorear, analizar, y tomar decisiones para la creación y gestión de organizaciones virtuales. El framework debe permitir la creación y gestión de organizaciones virtuales de manera autónoma, basándose en los principios y tecnologías de la Industria 4.0. El marco de gestión propuesto está compuesto por cinco capas operativas, y una capa transversal (ver Figura 3). La primera es la capa de usuarios, que son el motor principal de este marco porque serán los que generen las demandas de productos o servicios. La segunda capa es la de las organizaciones que conformarán la OV. La tercera capa, llamada VBE (siglas de *Virtual Breeding Environment*), es la capa que llevará a cabo la tarea de comunicación con los posibles miembros de la organización virtual, y establecerá un entorno virtual adecuado para cada objetivo. En la capa VBE, se solicitará información general de las organizaciones, se gestionarán los datos recibidos, se realizarán los acuerdos pertinentes según las necesidades, y se cargarán los datos autorizados por las organizaciones.

En la cuarta capa, llamada Ciclos Autónomos (C.-P. Lopez, Santorum, & Aguilar, 2019), es donde las tareas de analítica se diseñan utilizando la información recibida de las organizaciones miembros, aplicando los conceptos de ACODAT (Aguilar, Cordero, Buendia, 2018), el ciclo de vida de los datos, y conceptos básicos del modelo de conciencia situacional de (Endsley, 2018). En esta capa, cada tarea establecida tendrá un rol dado dentro del contexto de la organización virtual gestionada: recopilar información, monitorear u observar, analizar, y finalmente, tomar decisiones. Esta capa mantendrá una interacción cíclica con la quinta capa, donde se diseña el modelo colaborativo, que tiene las funciones principales de identificar miembros colaboradores, definir y detallar los objetivos, y establecer el nivel de contribución de cada organización. Cabe señalar que, a diferencia de las otras propuestas relacionadas con el tema, en este trabajo usaremos las tecnologías de la Industria 4.0 para todo el proceso de gestión, por lo que se considera la sexta capa transversal del marco propuesto. Las tecnologías que se aplicarán serán Big data, Analítica de datos, Computación en la nube, e Internet de las cosas.

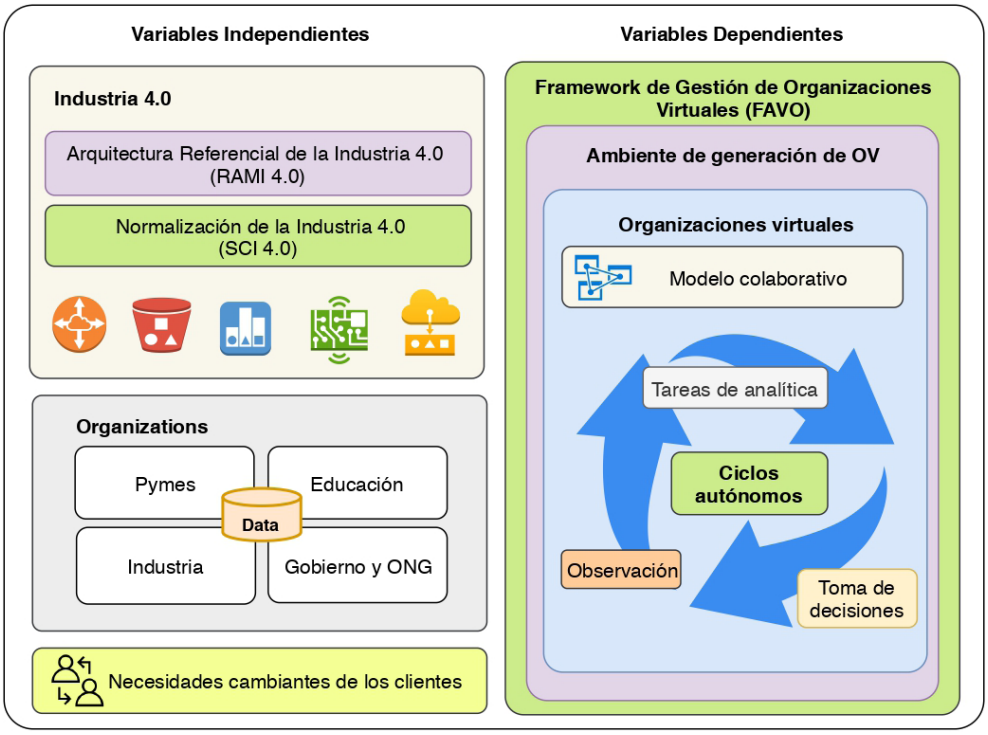


Figura 2 – Modelo conceptual

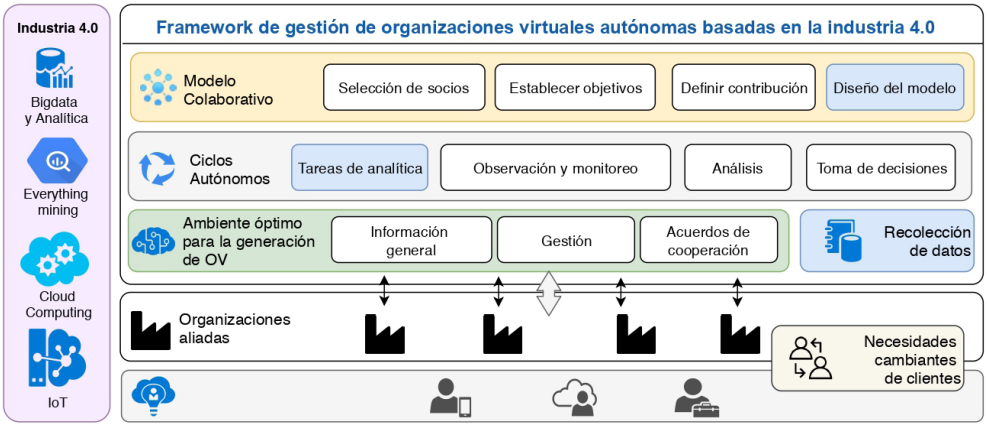


Figura 3 – Framework de gestión de organizaciones virtuales autónomas (FAVO)

4. Discusión.

Cada autor ha hecho una contribución con respecto a la creación y gestión de organizaciones virtuales, pero este tema, al requerir de tecnologías para su funcionamiento, es necesario que sea estudiada regularmente de acuerdo a los avances tecnológicos de cada época. De esta forma, se puede mantener los conceptos fundamentales que han sido estudiados por otros autores, pero es fundamental ir contribuyendo con nuevas propuestas aplicando las nuevas tecnologías que van emergiendo en el tiempo. Además, cada organización tiene diferentes formas de llevar a cabo sus procesos, por lo que todas las técnicas y métodos no pueden ser aplicables en una organización virtual en general. Por tal razón, los trabajos de los autores mencionados que tienen aportes en diferentes campos de las organizaciones virtuales deben ser actualizados considerando los cambios tecnológicos que han habido en el tiempo. Además, se evidenció que los métodos, técnicas y modelos propuestos en su mayoría no han sido implementados, y no se ha hecho un seguimiento o monitoreo de los efectos que se han producido al aplicar los estudios de investigación.

Con respecto, al estudio de procesos autónomos, se analizaron dos propuestas que se han venido aplicando en casos de autonomía. El primer trabajo es (Aguilar, Cordero, Buendia, 2018; Aguilar, Cordero, Barba et al. 2018), que propone una especificación de ciclos autónomos que consiste en diferentes tareas de análisis que interactúan entre sí y tienen diferentes roles y subtareas, tales como: observar los procesos, analizar e interpretar lo que sucede, y en base a lo analizado, finalmente tomar decisiones. Esta teoría de ciclos autónomos han sido aplicados en áreas de educación aportando al aprendizaje en línea en aulas inteligentes (J. Aguilar, Buendia, Pinto, & Gutiérrez, 2019), en la industria en nanotecnología (López-Pacheco & Aguilar, 2019), en redes de comunicaciones con técnicas cognitivas (Aguilar, Torres, et al., 2018, Morales et al., 2019), y en ciudades inteligentes (Aguilar J., Garcès-Jimènez A., et al., 2019), usando la metodología de MIDANO (Pacheco et al., 2014), técnicas de minería de datos y Big data. Como segunda opción se consideró el modelo de conciencia situacional (SA) de (Endsley, 1988), que es un modelo intuitivo que define lo que está sucediendo o lo que el sujeto percibe de los elementos del entorno en el que se encuentra, y ha sido aplicado a sistemas autónomos, en especial en la aviación, y recientemente, en temas de redes 5G. Este modelo se sitúa entre la intersección de la psicología cognitiva básica y la ciencia aplicada de los factores humanos. A pesar de que este antiguo modelo ha sido aplicado en sistemas que requieren autonomía, y coincide en que también es un ciclo y en las etapas de percepción, comprensión, predicción y la toma de decisiones, etapas que concuerdan con la propuesta de (Aguilar, Cordero, et al., 2018), en los últimos años ha surgido el procesamiento de datos a gran escala en tiempo real, aplicando técnicas de análisis de datos y Big data, lo cual genera la necesidad de otro tipo de modelo. En este nuevo contexto, el ACODAT es más adecuado para aplicar en la creación de organizaciones virtuales que gestionan una gran cantidad de datos desde diferentes fuentes y organizaciones, con el fin de obtener conocimiento para crear servicios y productos según las necesidades del cliente. Por lo tanto, la teoría del ciclo autónomo es viable y presenta una gran ventaja enfocarse en temas de procesamiento, analítica de datos, para conferir autonomía en los procesos.

Basados en las brechas encontradas y mostradas gráficamente en la *Tabla 2*, nuestra propuesta consiste esencialmente en formalizar un framework que hace posible el

proceso de colaboración autónoma entre organizaciones, de manera expedita, confiable y en tiempo real, haciendo confluir áreas que no han sido explotadas en este campo de manera conjunta, como lo son (ver *Figura 4*): analítica de datos, industria 4.0, y organizaciones virtuales.

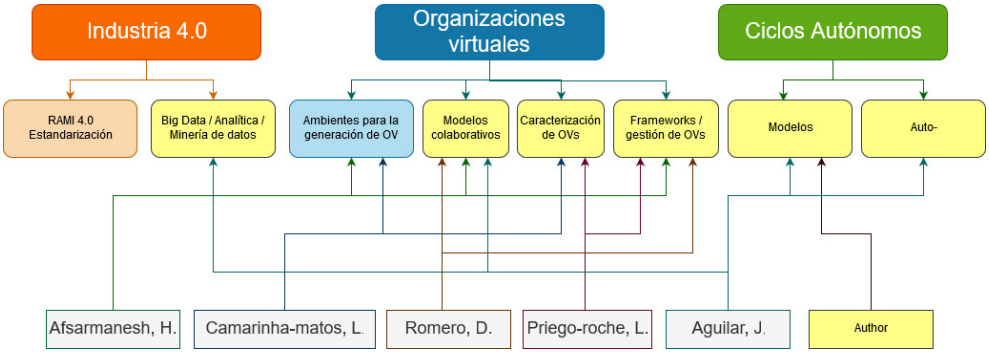


Figura 4 – Áreas de contribución

5. Conclusiones y trabajos futuros

Según el estudio de mapeo sistemático y la revisión de literatura aplicada, se concluye que el desarrollo de un marco de gestión de organización virtual autónomas es un desafío complejo, debido a la diversidad de funcionalidades y requisitos. Por esta razón, es un factor clave el tratamiento de datos masivos para la generación de conocimiento de diferentes organizaciones, con el fin de diseñar ciclos autónomos que permitan la colaboración entre organizaciones. El conocimiento obtenido se utilizará para tomar decisiones estratégicas en las organizaciones virtuales, y en particular, permitir procesos autónomos colaborativos. El marco propuesto se puede aplicar a otros entornos organizacionales, tales como la educación, la salud y el gobierno.

Como trabajo futuro será necesario implementar los ciclos autónomos del FAVO, así como su instanciación en diferentes escenarios: académico, gubernamental, pymes, las ONG, entre otros, para evaluar su comportamiento en procesos de colaboración. En particular, los ciclos autónomos a diseñar deben plasmar un modelo colaborativo, como un proceso continuo entre organizaciones. Antes de pasar a la implementación de los ciclos autónomos, se hará el diseño detallado de los mismos.

Referencias

Afsarmanesh, H., Camarinha-matos, L. M., & Msanjila, S. S. (2009). Annual Reviews in Control On management of 2nd generation Virtual Organizations Breeding Environments. *Annual Reviews in Control*, *33*, 209–219. https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2009.05.007

Afsarmanesh, H., & Ermilova, E. (2010). The management of ontologies in the VO breeding environments domain Hamideh. *Services and Operations Management*, *6*(3), 257–287.

Aguilar, J., Buendia, O., Pinto, A., & Gutiérrez, J. (2019). Social learning analytics for determining learning styles in a smart classroom. *Interactive Learning Environments*, https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1651745

Aguilar, J., Valdiviezo P., Cordero J., Sánchez M. (2015) Smart Classroom Based on Multiagent Systems", In *Proceedings of the Int. Conf. Artificial Intelligence),* Las Vegas, USA, 471-477.

Aguilar J., Garcès-Jimènez A., Gallego-Salvador N., Gutièrrez J., Gomez J., Garcìa-Tejedor A. (2019) Autonomic Management Architecture for Multi-HVAC Systems in Smart Buildings, IEEE Access, *7,* 123402–123415 htttps://DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2937639

Aguilar, J., Cordero, J., & Buendía, O. (2018). Specification of the Autonomic Cycles of Learning Analytic Tasks for a Smart Classroom. *Journal of Educational Computing Research*, *56*(6), 073563311772769. https://doi.org/10.1177/0735633117727698

Aguilar J, Cordero J, Barba L, Sanchez M, Valdiviezo P, Chamba L (2018) Learning Analytics Tasks as Services in Smart Classroom Universal Access in the Information Society Journal 17(4), 693–709, https://doi.org/10.1007/s10209-017-0525-0

Aguilar, J, Torres, J., & Aguilar, K. (2018). Autonomic communication system based on cognitive techniques. *International Journal of Knowledge-Based and Intelligent Engineering Systems*, *22*(1), 17–37. https://doi.org/10.3233/KES-170373

Benali, I., Dafflon, B., Bentaha, L., & Moalla, N. (2017). Emergent technologies for Inter-enterprises collaboration and business evaluation. In *2017 11th International Conference on Software, Knowledge, Information Management and Applications (SKIMA)*. Malabe: IEEE. https://doi.org/10.1109/SKIMA.2017.8294094

Camarinha-matos, L. M., & Member, S. (2018). Roots of Collaboration : Nature-Inspired Solutions for Collaborative Networks. *IEEE Access*, *6*, 30829–30843. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2845119

Cancian, M. H., Teixeira, C. P., & Rabelo, R. J. (2015). Supporting Business Processes for Collaborative Alliances of Software Service Providers. In *IFIP International Federation for Information Processing 2015* (pp. 467–478). Albi: Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24141-8

Endsley, M. R. (1988). Situation Awareness Global Assessment Technique (SAGAT) Mica R. Endsley North rop Aircraft Hawthorne, CA.

Endsley, M. R. (2018). Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Error in Aviation*, 217–249. https://doi.org/10.4324/9781315092898-13

Hankel, M., & Ag, B. R. (2016). Digitising Manufacturing 2016 RAMI4 . 0 – Reference Architecture Model Industry 4 . 0.

Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). *Design Principles for Industrie 4 . 0 Scenarios* (1 No. 1). In *Proceedings of the 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*. Koloa: IEEE. https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488

Ivanov, D., Dolgui, A., Sokolov, B., Werner, F., & Ivanova, M. (2016). A dynamic model and an algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0. *International Journal of Production Research*, *54*(2), 386–402. https://doi.org/10.1080/00207543.2014.999958

Khan, A., & Turowski, K. (2016). A Perspective on Industry 4.0: From Challenges to Opportunities in Production Systems. In *Proceedings of the International Conference on Internet of Things and Big Data* (pp. 441–448). Rome: Scitepress. https://doi.org/10.5220/0005929704410448

Kitchenham, B. A. (2012). Systematic Review in Software Engineering – Where We Are and Where We Should Be Going. In *Proceedings of the 2nd international workshop on Evidential assessment of software technologies*. Lund: ACM. https://doi.org/10.1145/2372233.2372235

López-Pacheco, A., & Aguilar, J. (2019). Autonomic Reflective Middleware for the Management of NANOdevices in a Smart Environment (ARMNANO). *Current Analysis on Communication Engineering* |, *2*(647), 2019–2056. Retrieved from https://mesford.ca/wp-content/uploads/2019/03/Autonomic-Reflective-Middleware-for-the-Management-of-NANOdevices-in-a-Smart-Environment-ARMNANO.pdf

Lopez, C.-P., Santorum, M., & Aguilar, J. (2019). Autonomous Cycles of Collaborative Processes for Integration Based on Industry 4.0. In A. Rocha, C. Ferrás, & M. Paredes (Eds.), *Information Technology and Systems. ICITS 2019*. (Vol. 918, pp. 177–186). Quito: Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11890-7-18

Lopez, C., Segura, M., & Santó, M. (2019). Data Analytics and BI Framework based on Collective Intelligence and the Industry 4 . 0. In *ICISS 2019* (pp. 93–98). Tokyo: ACM. https://doi.org/10.1145/3322645.3322667

Lopez, C., Segura, M., & Santorum, M. (2019). Framework to Develop a Business Synergy through Enterprise Architecture. In *ICISS 2019* (pp. 125–129). Tokyo: ACM. https://doi.org/10.1145/3322645.3322668

Mendoza, D., Rojano, Y., & Edwin, S. (2016). El Pensamiento Estratégico Como Herramienta De Innovación Tecnológica en las Pymes. *Sotavento M.B.A*, *27*(2016), 50–65.

Morales L., Ouedraogo C., Aguilar J., Chassot C., Medjiah S., Drira K. (2019). Experimental Comparison of the Diagnostic Capabilities of Classification and Clustering Algorithms for the QoS Management in an Autonomic IoT Platform, *Service Oriented Computing and Applications*, *13*(3), 199–219

Nikolic, B., Ignjatic, J., Suzic, N., Stevanov, B., & Rikalovic, A. (2017). Predictive Manufacturing Systems In Industry 4.0 : Trends , Benefits And Challenges. In *Proceedings of the 28TH DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation* (pp. 796–803). Vienna: DAAAM International. https://doi.org/10.2507/28th.daaam.proceedings.112

Pacheco, F., Rangel, C., Aguilar, J., Cerrada, M., & Altamiranda, J. (2014). Methodological framework for data processing based on the Data Science paradigm. In *Proceedings of the 2014 Latin American Computing Conference, CLEI 2014* (p. 12). Montevideo: IEEE. https://doi.org/10.1109/CLEI.2014.6965184

Paulo, Á. (2015). Towards a Customer-Driven Value Chain Framework – A Set-Based Oriented Approach. In *IFIP International Federation for Information Processing 2015* (Vol. 463, pp. 209–222). Albi: Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24141-8-19

Petersen, K., Vakkalanka, S., & Kuzniarz, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering : An update. *INFORMATION AND SOFTWARE TECHNOLOGY*, *64*, 1–18. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.03.007

Pichler, R. (2017). *The Standardization Council I4 . 0*. Frankfurt. Retrieved from www.sci40.com

Priego-roche, L. M., Rieu, D., & Front, A. (2016). A framework for virtual organization requirements. *Requirements Engineering*, *21*(4), 439–460. https://doi.org/10.1007/s00766-015-0223-5

Rabelo, R. J., Bernus, P., & Romero, D. (2015). Innovation Ecosystems : A Collaborative Networks Perspective. In *IFIP International Federation for Information Processing 2015* (Vol. 463, pp. 323–336). Albi: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24141-8

Romero, D., Noran, O., & Afsarmanesh, H. (2015). Green Virtual Enterprise Breeding Environments Bag of Assets Management : A Contribution. In *IFIP International Federation for Information Processing 2015* (Vol. 3, pp. 439–447). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24141-8

Uchihira, N., Ishimatsu, H., & Inoue, K. (2016). IoT Service Business Ecosystem Design in a Global, Competitive, and Collaborative Environment. In *2016 Proceedings of PICMET 16: Technology Management for Social Innovation* (pp. 1195–1201). https://doi.org/10.1109/PICMET.2016.7806694

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 15/10/2019
Aceitação/Acceptance: 28/12/2019

Enseñanza de Arquitectura de Software en Modalidad Blended Learning: Análisis de la Percepción de Estudiantes de Maestría

Boris Pérez[1,2], Camilo Castellanos[1], Darío Correal[1]

borisperezg@ufps.edu.co, {br.perez41, cc.castellanos87, dcorreal}@uniandes.edu.co

[1] Univ. De los Andes, Cra 1 # 18A - 12, Bogotá, Colombia.

[2] Univ. Francisco de Paula Santander, Av. Gran Colombia # 12E - 96, Cúcuta, Colombia.

Pages: 346–358

Resumen: La arquitectura de software, como componente clave de la educación en ingeniería de software, requiere que el estudiante desarrolle un conjunto de habilidades técnicas y sociales. En el curso de maestría Arquitecturas de Software Ágiles se decidió utilizar la modalidad Blended Learning. Es relevante, por tanto, conocer la percepción de los estudiantes de esta modalidad, de quienes están tomando el curso y de quienes lo vieron hace varios meses o años. Este artículo analiza la percepción de los estudiantes sobre el curso Arquitecturas de Software Ágiles enseñado en la Univ. de los Andes. La percepción de los estudiantes se midió mediante una encuesta anónima a los estudiantes que estuvieron matriculados en el curso para los períodos 2015-2018. Los resultados mostraron que 39,7% de los encuestados consideraron que aprendieron mejor en comparación con cursos presenciales. Adicionalmente, el aspecto más valorado por los encuestados fue el uso de los problemas de la industria.

Palabras-clave: educación en ingeniería de software; arquitectura de software; metodologías ágiles; blended learning; percepción estudiantes.

Teaching Software Architecture in Blended Learning Model: Analysis of Perception of Master's Students

Abstract: Software architecture, as a key component of software engineering education, requires the student to develop a set of technical and social skills. In the master course Agile Software Architectures it was decided to use the Blended Learning modality. It is relevant, therefore, to know the students' perception of this modality, not only while taking the course but after having seen it. This article analyzes the students' perception of the Agile Software Architectures course taught at University de los Andes. The perception of the students was measured through an anonymous survey of the students who were enrolled in the course for the periods 2015-2018. The results showed that 39.7% of the respondents considered that they learned better compared to face-to-face courses. Additionally, the most valued aspect by respondents was the use of industry problems.

Keywords: software engineering education; software architecture; agile methodology; blended learning; students' perception.

1. Introducción

Como parte de la ingeniería de software, la arquitectura de software es un componente clave de la educación, a nivel de pregrado como a nivel de maestría (Van Deursen et al., 2017; Mannisto, Savolainen & Myllarniemi, 2008; Lago & Van Vliet, 2005; Urrego & Correal, 2013). Es por esto por lo que la enseñanza de la arquitectura de software ha recibido mucha atención tanto en la academia como en la industria, pero sigue siendo una tarea difícil que requiere superar una serie de retos como el trabajo en equipo, habilidades técnicas y sociales y, un contexto realista (Galster & Angelov, 2016; Angelov & de Beer, 2017).

Varias estrategias han sido sugeridas para mejorar la enseñanza de la arquitectura de software, tales como: inclusión de metodologías ágiles (Angelov & de Beer, 2017; Mahnič, 2015; Cleland-Huang, Babar & Mirakhorli, 2014), aula invertida (Cleland-Huang, Babar & Mirakhorli, 2014; Gehringer & Peddycord III, 2013), proyectos capstone (Paasivaara et al., 2018; Mahnič, 2011; Bastarrica, Perovich & Samary, 2017) y clientes reales con problemas reales (Sureka et al., 2013).

Teniendo en cuenta lo anterior, se diseñó el curso Arquitecturas de Software Ágiles (curso de Maestría) usando la metodología Blended Learning. El curso consiste en seis clases presenciales, y nueve clases virtuales. Adicionalmente, el curso hace uso de metodologías ágiles, dividiendo el contenido del curso en cinco sprints, para diseñar la arquitectura de un caso real de la industria. Con esta metodología se busca reforzar el conjunto de habilidades que se esperan del alumno en curso: autoaprendizaje, autocrítica, trabajo en equipo, resolución de problemas y desarrollo profesional.

Luego de varios semestres, se volvió indispensable conocer la percepción de los estudiantes sobre los resultados de aprendizaje de este curso. El objetivo de esta investigación fue conocer si las habilidades que se enseñan en clase consiguen permanecer con los estudiantes mucho después de haber terminado el curso. Para esto, se envió una encuesta a todos los estudiantes que han tomado el curso (227 estudiantes y exestudiantes). Un total de 63 estudiantes respondieron a la encuesta. Por tanto, la motivación detrás de esta investigación es doble: (1) Evaluar la percepción del estudiante con relación a si el curso Arquitecturas de Software Ágiles, en modalidad Blended Learning, apoya el desarrollo de las habilidades se esperan de un arquitecto de software; y (2) evaluar si esta modalidad permite a los estudiantes aprender mejor los conceptos enseñados en este curso.

El presente documento está organizado de la siguiente manera: Una revisión de los trabajos relacionados se presenta en la Sección 2. El diseño del curso se describe en la Sección 3. La metodología de este estudio se presenta en la Sección 4. Los resultados se presentados en la Sección 5. Las amenazas a la validez del presente trabajo son presentadas en la Sección 6. Y finalmente, la discusión de los resultados y las conclusiones se presentan en la Sección 7.

2. Trabajos Relacionados

La literatura presenta diferentes técnicas utilizadas para mejorar el proceso de enseñanza/aprendizaje en los cursos de Ingeniería de Software. La efectividad de estas técnicas se mide en términos de la retroalimentación de los estudiantes.

Angelov y de Beer (Angelov & de Beer, 2017) presentaron un enfoque basado en proyectos ágiles, en un contexto realista y con trabajo en equipo. La percepción de los estudiantes fue evaluada a través de un cuestionario anónimo al final del curso. Los resultados mostraron que su enfoque ayudaba a los estudiantes a percibir mejor la arquitectura de software y a comprender mejor su valor. Un enfoque similar fue presentado por Mahnič (Mahnič, 2011), el cual se enfocó en un curso de pregrado en el que expuso a los estudiantes al desarrollo ágil (SCRUM) de software. El 88% de los estudiantes sintió que el curso era mejor que otros cursos. Siguiendo con los métodos ágiles, Umphress, Hendrix y Cross (Umphress, Hendrix & Cross, 2002) descubrieron que los procesos ágiles eran los más fáciles de aceptar y ejecutar para los estudiantes, con mejores resultados para el éxito del proyecto.

Cleland-Huang, Babar y Mirakhorli (Cleland-Huang, Babar & Mirakhorli, 2014) presentaron sus experiencias en el aula en un estudio de caso utilizando personas expertas en arquitectura de software para enseñar a analizar, diseñar y evaluar sus propuestas arquitectónicas. Gehringer y Peddycord III (Gehringer & Peddycord III, 2013) utilizaron el modelo de aula invertida, en el cual los estudiantes mostraron altos niveles de compromiso. Sureka et al. (Sureka et al., 2013) presentaron un modelo de instrucción docente compuesto de aula invertida, aprendizaje basado en estudio, proyectos de clientes reales y evaluación de grupos grandes y de pares. En este estudio realizaron una encuesta detallada de cada uno de los cuatro elementos del modelo de instrucción. Los resultados de la encuesta mostraron que casi todos los estudiantes estuvieron de acuerdo en que el modelo era interesante y que tuvo un impacto positivo en la motivación.

A nuestro saber y entender, no existen estudios previos que empleen encuestas tiempo después de completar el curso para medir su efectividad en el largo plazo.

3. Diseño del Curso

En esta sección, se describe el contexto del curso Arquitecturas de Software Ágiles utilizando los factores situacionales: contexto general, contexto específico, naturaleza del sujeto y características de los alumnos (Fink, 2003).

3.1. Contexto general del estado de aprendizaje

La formación de los arquitectos de software suele ser como resultado de varios años de experiencia laboral y participación en proyectos de TI. Sin embargo, las empresas necesitan cada vez más profesionales calificados, incluidos los arquitectos de software. Es claro que no es posible sustituir la experiencia por clases universitarias, pero sí es posible acelerar la formación de futuros arquitectos, condensando el conocimiento y las mejores prácticas, y preparando a los estudiantes para trabajos en la industria. En 2011, respondiendo a los requisitos de la industria, Los Andes inició una maestría en Arquitectura de TI. A finales de 2017, más de 180 estudiantes se habían graduado

como arquitectos de TI. En 2013, se creó una Maestría en Ingeniería de Software. Desde entonces, estos dos programas comparten algunos cursos y objetivos de enseñanza, en particular, comparten el curso Arquitecturas de Software Ágiles.

3.2. Contexto específico del estado de aprendizaje

Este curso de arquitectura de software se diseñó con dos objetivos principales: Primero, seguir un enfoque ágil y, segundo, implementar blended learning. El curso tomó 2 años de diseño, comenzando en 2013, para ser lanzado por primera vez en 2015. El curso se centra en el diseño de la arquitectura de un sistema de software propuesto por una empresa real y con actores reales. Los estudiantes implementan cinco sprints durante el semestre, realizando un diseño incremental de su arquitectura. En cada sprint se centran en un atributo de calidad particular.

3.3. Naturaleza del sujeto

Durante cada sprint, los estudiantes diseñan para un atributo de calidad en particular. Esto implica que deben leer e investigar los diferentes aspectos necesarios para resolver un desafío en particular. Una vez que tienen un diseño, se prueban las decisiones críticas, implementando y desplegando prototipos para medir el cumplimiento o no de los requisitos de calidad. En el curso se utilizan varias herramientas de apoyo, tales como: Taiga, para gestionar las historias de requisitos arquitectónicos en el backlog; GitHub Classroom, para almacenar el documento arquitectónico (wiki) y el código fuente; y LucidChart, para crear modelos arquitectónicos.

3.4. Característica de los estudiantes

El público objetivo de este curso son los estudiantes de postgrado en TI de ambos másteres (Arquitectura de TI e Ingeniería de Software), generalmente de unos 20 años de edad y con 4 años de experiencia como desarrolladores o arquitectos de software.

4. Metodología

Una vez establecidas las preguntas de la investigación y teniendo en cuenta los objetivos de este estudio (Easterbrook, 2008), se decidió utilizar la encuesta como instrumento de investigación. Las fuentes de este estudio se ponen a disposición en Google Drive (https://goo.gl/T9hgc6) con (i) el formulario de la encuesta, (ii) un archivo Excel con todas las respuestas, y (iii) un archivo Excel con las respuestas codificadas.

4.1. Preguntas de investigación

El objetivo de esta investigación es descubrir si la modalidad Blended learning en este curso permite mejorar el proceso de aprendizaje en arquitectura de software. Este trabajo está guiado por las siguientes preguntas de investigación:

> **PI1:** *¿Cuál es la percepción que tienen los estudiantes del curso de maestría Arquitectura de Software Ágiles respecto a la modalidad Blended Learning?*
>
> **PI2:** *¿De qué manera la modalidad Blended Learning permite a los estudiantes aprender de mejor manera los conceptos enseñados en el curso?*

4.2. Diseño de la encuesta

Esta encuesta recoge datos subjetivos (opiniones, actitudes y preferencias del individuo) y demográficos (Kitchenham & Pfleeger, 2008). Adicionalmente, se clasifica como de investigación exploratoria y descriptiva porque se enfoca en el descubrimiento de perspectivas, fue planeada y estructurada previamente, y la información recolectada puede ser inferida estadísticamente sobre una población.

En esta encuesta, la población objetivo se limitó a los profesionales que tomaron el curso de Arquitecturas de Software Ágiles en la Universidad. Esta encuesta empleó un método de muestreo no probabilístico porque la población fue seleccionada con base en el juicio subjetivo del investigador en lugar de una selección aleatoria. A raíz de esto, no es posible establecer el margen de error de la muestra. Los encuestados fueron fácilmente accesibles para los investigadores de esta encuesta. Snowball Sampling no fue considerado (Kitchenham & Pfleeger, 2008).

4.3. Creación de la encuesta

Las preguntas de la encuesta se basaron en las dos preguntas de investigación (ver Sección 4.1.). La encuesta se realizó en Google Forms y está compuesta por 24 preguntas: Cinco preguntas demográficas (DQ1-DQ5) y diecinueve preguntas específicas, de las cuales dieciséis son preguntas cerradas relacionadas con la percepción sobre la metodología (MQ1-MQ16) y tres preguntas abiertas sobre la percepción general (PQ1-PQ3). En relación con las preguntas cerradas, catorce preguntas constan de una escala de 5 puntos tipo Likert. Una pregunta tiene una escala de 3 puntos tipo Likert y una pregunta tiene un tipo de respuestas sí/no. Las preguntas demográficas se utilizaron para recopilar información personal y laboral y se requirieron para obtener una comprensión más profunda sobre los antecedentes de los participantes.

El protocolo de esta encuesta fue refinado de forma iterativa por los autores. Luego de esto, el cuestionario fue revisado externamente por un profesor a cargo del curso, así como por dos profesionales en arquitectura de software. Los dos profesionales comprobaron el contenido y la comprensión de las preguntas, así como el tiempo necesario para completar la encuesta. Finalmente, la encuesta fue refinada con una prueba piloto con cinco participantes. Los participantes del piloto eran representativos de los encuestados potenciales de esta encuesta.

La encuesta se aplicó en el período comprendido entre el 28 de agosto de 2018 y el 12 de septiembre de 2018. La encuesta fue enviada por correo electrónico incluyendo un mensaje de bienvenida para explicar el propósito de la encuesta, afiliación de los autores e información de contacto. Para mantener la encuesta lo más simple posible, presentamos todas las preguntas en una sola página.

4.4. Análisis de los datos

Para las preguntas cerradas (respuestas cuantitativas) se utilizaron estadísticas descriptivas. Las respuestas a las preguntas abiertas se analizaron utilizando un esquema de código y extrayendo los puntos principales a una hoja de Excel.

5. Resultados

En esta sección se presentan los resultados de la percepción de los estudiantes relacionada con el curso Arquitecturas de Software Ágiles. Los principales resultados de la encuesta se presentan en las Figuras 1 a 4. Primero se presenta la información demográfica, seguido de las respuestas a las preguntas cerradas. Finalmente, se presentan los resultados de las preguntas abiertas.

5.1. Datos demográficos

Se enviaron 227 invitaciones, entre estudiantes y egresados del curso. En total se recibieron 63 respuestas, lo que equivale a 27,7% de la población. Para los autores, esta es una tasa importante teniendo en cuenta que la mayoría de encuestados no han estado vinculados a la Universidad durante uno o más años.

Respecto a los datos demográficos, el mayor porcentaje de los encuestados (20 de 63, 32%) tienen entre 31 y 36 años, seguidos por el rango entre 26 y 30 años (19 de 63, 30%). La gran mayoría de los encuestados son hombres (57 de 63, 90,5%), y casi la mitad de los encuestados (31 de 63, 49,2%) son profesionales sin posgrado. En cuanto al rol en las empresas, la mayoría de los encuestados seleccionaron "Desarrollo" (28 de 63, 44,4%) como su tarea principal, seguida por "Arquitectura de software" con 12 (19%) encuestados. Finalmente, el mayor porcentaje de los encuestados manifestaron trabajar en el sector "Tecnología" (24 de 63, 38,1%), seguidos por sector "Gobierno" (7 de 63, 11.1%) y "Finanzas" (6 de 63, 9.5%).

5.2. Percepción de los estudiantes a través de las preguntas cerradas

En términos generales, los alumnos coincidieron en la importancia y satisfacción de utilizar la modalidad Blended Learning para aprender sobre arquitectura de software (Figura 1). Esta satisfacción se evidencia con 46 respuestas positivas (*Muy de acuerdo*: 23; *De acuerdo*: 23). Sin embargo, la efectividad de esta modalidad de enseñanza fue la única pregunta con una mediana más baja que las otras respuestas. Los estudiantes prefieren estar en constante interacción con el profesor para aclarar los problemas o tener una mejor comprensión de los conceptos. Esto está también asociado a la experticia o familiaridad del estudiante con el tema.

Esta encuesta buscaba entender si la modalidad utilizada era útil para mejorar las habilidades como la autocrítica, el autoaprendizaje, el trabajo en equipo, la resolución de problemas y el desarrollo profesional.

Autoaprendizaje

En relación con esta habilidad, casi el 75% (39,7% *De acuerdo* y 34,9% *Muy de acuerdo*) de los encuestados consideraron que la modalidad Blended learning soportó el desarrollo de esta habilidad. Sólo un (1) encuestado estuvo *Muy en desacuerdo* con esta pregunta, sin embargo, este mismo encuestado manifestó que lo que más le gustó del curso fue precisamente el aprendizaje autónomo. Esto significa que el estudiante tuvo la suficiente curiosidad como para explorar los temas por sí mismo. En ese sentido, el curso sí promovió el autoaprendizaje.

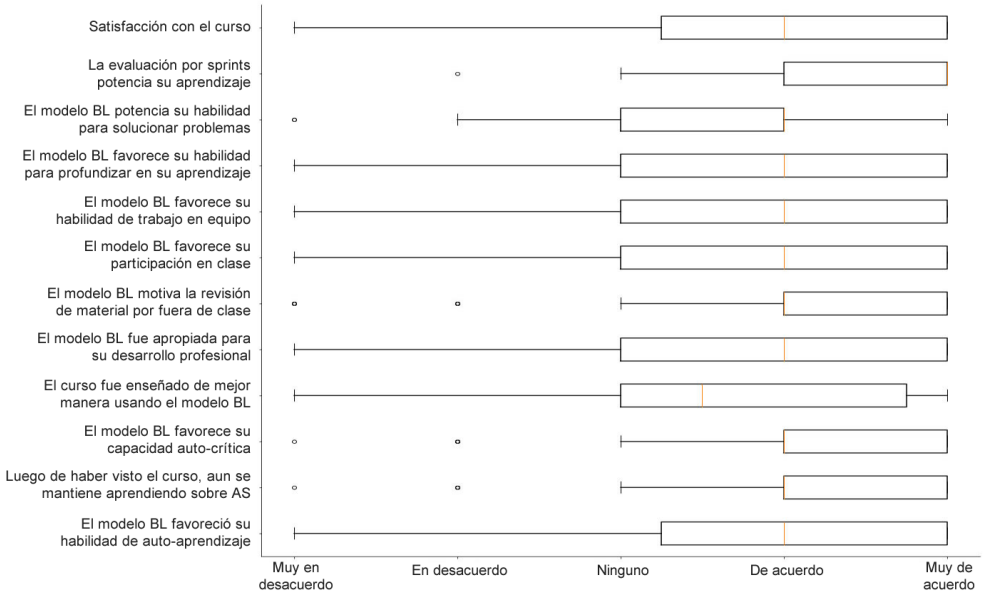


Figura 1 – Nivel de satisfacción con la modalidad Blended learning

Autocrítica

Casi el 75% (36,5% *De acuerdo* y 36,5% *Muy de acuerdo*) de los encuestados manifestaron que la modalidad Blended learning soportó el desarrollo de esta habilidad. Al preguntarles sobre lo que más les gustó del curso, la mayoría de las respuestas se centraron en la modalidad, el contenido del curso y la experiencia industrial del profesor. Esto significa que el fomento de esta habilidad fue un beneficio derivado de la modalidad de enseñanza que no estaba conscientemente presente en la mente de los estudiantes.

Trabajo en equipo

El trabajo en equipo es el esfuerzo de colaboración entre individuos interdependientes para lograr un objetivo común (Glendon & Clarke, 2015). Esta habilidad requiere tratar con el conocimiento, la actitud y la personalidad de los demás. El 36,5% y el 30,2% de los encuestados estuvieron *De acuerdo* y *Muy de acuerdo*, respectivamente, sobre el fomento a esta habilidad. Sólo 7 (11.1%) encuestados estuvieron *Muy en desacuerdo*. Adicionalmente, este último grupo de encuestados (*Muy en desacuerdo*) criticaron el aspecto semi-presencial del curso. Otro grupo de estudiantes se quejaron de la falta de compromiso de sus compañeros, como por ejemplo: “Que en algunos casos, los compañeros no trabajaron en la misma proporción y eso afecto la entrega”.

Solución de problemas

La resolución de problemas requiere una comunicación efectiva y continua con otros compañeros. Si esta comunicación falla o se vuelve lenta, existe el riesgo de perder la

continuidad del problema a resolver y de no encontrar la solución óptima. Casi el 50% (31 de 63) de los encuestados estuvieron de acuerdo en que esta modalidad de enseñanza fomentó esta habilidad. *En desacuerdo* y *Muy en desacuerdo* fueron 6,3% (4 de 63) y 3,2% (2 de 63) respectivamente. Los encuestados de este grupo de percepción negativa criticaron el pequeño número de clases presenciales del curso.

Desarrollo profesional

El análisis de esta habilidad es importante porque quería establecerse si los conocimientos impartidos en clase tuvieron un impacto en la vida profesional de los estudiantes. En esta pregunta, los encuestados estuvieron *Muy de acuerdo* con el 34,9% (22 de 63) y *De acuerdo* con el 31,7% (20 de 63). *Muy en desacuerdo* con el 7,9% de los encuestados (5 de 63).

5.3. Percepción de los estudiantes a través de las preguntas abiertas

Según Reja (Reja et al., 2003), las preguntas abiertas ayudan a evitar el sesgo que puede resultar de sugerir respuestas al encuestado. Por otro lado, las preguntas abiertas requieren un sistema de codificación para organizar las respuestas y permitir su análisis.

En esta encuesta se utilizaron tres preguntas abiertas: (PQ1) ¿Qué considera que se podría mejorar del curso? (PQ2) ¿Qué no le gustó acerca del curso? Y (PQ3) ¿Qué le gustó del curso? La primera pregunta tuvo 34 respuestas válidas, la segunda tuvo 30 y la tercera tuvo 41 respuestas válidas. Es importante señalar que una respuesta podría codificarse en dos o más categorías debido a su contenido.

PQ1 "¿Qué considera que se podría mejorar del curso?"

Las respuestas se codificaron en 7 categorías: Más casos de la industria, más comunicación con el profesor, más material de trabajo, más clases presenciales, más tareas, mejor organización del tiempo de clase y otros (Figura 2).



Figura 2 – Codificación de respuestas para PQ1

La categoría con mayor número de respuestas fue "Mas ejemplos de casos reales de la industria". Estos casos reales permiten a los estudiantes entender los contextos bajo los cuales se tomaron las decisiones arquitectónicas. A veces, los arquitectos toman

decisiones que no son óptimas, pero bajo ciertas condiciones pueden resultar en decisiones exitosas. Además, está claro que la teoría y la práctica no siempre van de la mano. Algunas respuestas fueron: "… falto la experiencia sobre situaciones reales…" y "Ejemplos de arquitecturas aplicadas en casos reales".

Los encuestados también expresaron su necesidad de una mejor y más fluida comunicación con el profesor. La formulación de preguntas es parte del proceso de aprendizaje, y muchas veces, la respuesta es una pieza fundamental en la consolidación del conocimiento. Otra categoría, "Más clases en el lugar" es una categoría que se esperaba después de revisar las preguntas cerradas. Algunos estudiantes se sintieron incómodos con el aspecto semipresencial del curso porque necesitan tener más actividades cara a cara con el profesor para responder a sus preguntas. Las clases semipresenciales requieren mucha autodisciplina por parte y, según las respuestas, no todos la tienen. Algunas respuestas fueron: "El tiempo de respuesta a través de los foros hacerlo más corto" y "Más sesiones presenciales. Más contenido técnico".

PQ2 "¿Qué no le gustó del curso?"

Las respuestas se codificaron en 6 categorías: Modalidad blended, poca interacción con el profesor, fallas de los monitores del curso, metodología en general, evaluación y otros. Los resultados de la codificación se pueden ver en la Figura 3.

Fue interesante descubrir que la modalidad Blended learning fuera lo que menos gustara del curso. Algunas de las respuestas permitieron entender por qué los estudiantes se sienten incómodos con este aspecto: "Este modo de enseñanza requiere cierto nivel de compromiso y madurez profesional para aprovechar sus beneficios…" y "La modalidad blender no me gusto, en ocasiones se sentia que se perdian cosas importantes de los temas de la clase…".

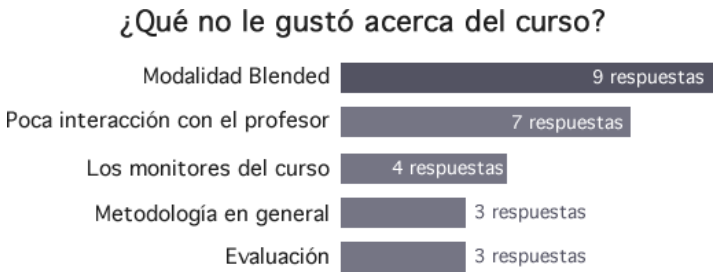


Figura 3 – Codificación de respuestas para PQ2

Otra categoría, "Fallas de los monitores del curso", fue una categoría inesperada. Esto evidencia que los estudiantes evalúan un curso desde todas las perspectivas. Además, esta categoría refuerza el concepto de que las preguntas abiertas permiten al entrevistador encontrar más de lo que anticipa. Algunas respuestas fueron: "En ese momento el profesor asistente nos enredo en unas tutorias que hizo" y "A veces el monitor no explicaba bien".

PQ3 "¿Qué le gustó del curso?"

Las respuestas se codificaron en 8 categorías: Metodología, contenido del curso, conocimientos del profesor, desarrollo de habilidades, todo, cercanía a la realidad y conceptos ágiles. Los resultados de la codificación se pueden ver en la Figura 4.

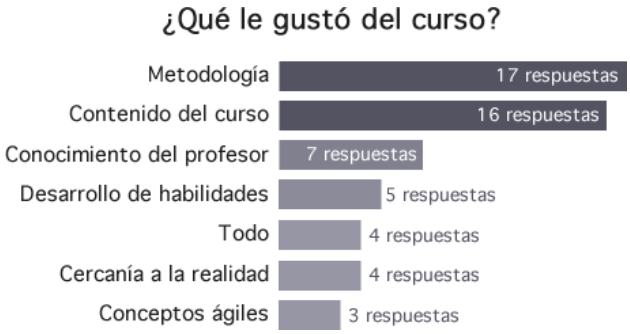


Figura 4 – Codificación de respuestas para PQ3

La modalidad blended fue el aspecto más valorado por los encuestados. En relación con esto, una de las preguntas cerradas fue qué tanto aprendió a través de esta modalidad. El resultado mostró que el 39,7% (25 de 63) de los encuestados consideraron que aprendieron más, el 34,9% que aprendieron lo mismo, y el 25,4% que aprendieron menos. Esto puede significar que les gustó la modalidad, los animó, y les permitió involucrarse más en la dinámica del curso, pero no necesariamente que los hiciera aprender más. Algunas respuestas fueron: "Auto aprendizaje, aplicar conocimientos en escenarios practicos…" y "La metodología de sprints, la temática y el material fueron muy buenos".

"El contenido del curso" fue otro aspecto apreciado por los estudiantes. En relación con esto, una de las preguntas cerradas fue si el estudiante consideraba que el contenido del curso se enseñaba mejor usando la metodología aplicada. El 27% (17 de 63) respondió *Ninguno*. Por otro lado, *De acuerdo* y *Muy de acuerdo* fueron respondidos por 23,8% (15 de 63) y 25,4% (16 de 63) de los estudiantes. Esto significaría que el contenido respondió a las necesidades de la industria, pero la modalidad de enseñanza no correspondió a una mejor manera de enseñarlo.

6. Amenazas a la validez

En este estudio, la metodología de investigación fue validada para evitar sesgos en la medida de lo posible. A continuación, se presentan las amenazas junto con sus estrategias de mitigación.

Respecto a la *validez de aspecto*, la redacción de las preguntas cerradas suele ser la amenaza más recurrente en las encuestas. Para mitigarlo, se evaluó la encuesta internamente varias veces para luego refinar el lenguaje utilizado. Respecto a la *validez interna*, se realizó un análisis de los datos utilizando estadísticas descriptivas básicas

y se realizó un análisis cruzado de las respuestas de cada participante. Respecto a la *validez externa*, se identificó como amenaza potencial la distribución demográfica de la población. Para esto, se aplicó el muestreo de conveniencia para ayudar a seleccionar a los participantes del estudio. Sin embargo, este estudio no es generalizable porque no fue replicado a otros países. Finalmente, respecto a la *confianza*, se empleó la triangulación de observadores, con la participación de todos los autores en los procesos de extracción y análisis de datos. Se evitó realizar cualquier análisis de correlación estadística porque el tamaño de la muestra no fue lo suficientemente grande.

7. Discusión y conclusiones

Este trabajo reportó las percepciones de los estudiantes sobre los resultados de aprendizaje del curso Arquitecturas de Software Ágiles usando Blended learning. La percepción se midió encuestando a los estudiantes que están tomando/tomaron el curso desde el 2015 hasta el primer semestre del 2018. De 227 invitaciones enviadas, 63 respondieron la encuesta. A partir de los resultados se estableció que la percepción de los estudiantes fue abrumadoramente positiva. También se midió la percepción en términos de un conjunto de habilidades que debe tener un graduado de este curso: autoaprendizaje, autocrítica, trabajo en equipo, resolución de problemas y desarrollo profesional.

En términos generales, los estudiantes estuvieron de acuerdo en la importancia y satisfacción de usar Blended learning para aprender sobre arquitectura de software. Sin embargo, la efectividad de esta modalidad de enseñanza para mejorar el aprendizaje de arquitectura de software fue neutra (17 de 63, 27%). Esto podría deberse a las pocas clases presenciales del curso, que fue el aspecto más criticado en las preguntas abiertas. Los estudiantes manifestaron que preferían estar en constante interacción con el profesor para aclarar los problemas o tener una mejor comprensión de los conceptos.

En relación con el conjunto de habilidades que debe tener un graduado de este curso, los encuestados estuvieron de acuerdo en que esta modalidad fomenta el autoaprendizaje y la autocrítica. Corroborado por las respuestas abiertas, fue posible establecer que la autocrítica fue un beneficio derivado de la modalidad Blended learning. El trabajo en equipo y el desarrollo profesional también fueron acordados por la mayoría de los encuestados. Sin embargo, algunos de los encuestados se quejaron de la falta de compromiso de sus pares.

A partir de las respuestas a las preguntas abiertas, se concluyó que los estudiantes solicitan más casos reales de la industria para ser incluidos en el curso. Esta es una petición importante porque los problemas en arquitectura de software sólo son visibles a escala, y desaparecen cuando se utilizan en proyectos pequeños de ejemplo (Van Deursen et al., 2017). Los encuestados también pidieron más y mejor comunicación con el profesor. El foro no es suficientemente rápido y a veces lleva a más preguntas. Esta es una preocupación clave para los estudiantes con pocos conocimientos sobre arquitectura de software en general. Ni siquiera el correo electrónico es suficiente para responder a las preguntas.

La modalidad Blended learning requiere mucha autodisciplina, y desafortunadamente, no todo el mundo la tiene. Esto depende del nivel de experiencia del estudiante con

el tema. Si el alumno tiene alguna experiencia o conocimiento sobre el tema, le será más fácil trabajar por su cuenta. Siguiendo con la modalidad, los resultados mostraron también que el 39,7% de los encuestados sintieron que aprendieron más, el 34,9% sintieron que aprendieron lo mismo, y el 25,4% sintieron que aprendieron menos. Esto puede significar que les gustó la técnica, los animó y les permitió involucrarse más en la dinámica del curso, pero no necesariamente los hizo aprender más. Sin embargo, un mejor compromiso con un tema aumenta su retención de memoria a largo plazo. Con base en esto, es posible establecer que los estudiantes aprendieron más usando esta modalidad, pero sería mucho mejor decir que los estudiantes aprendieron mejor.

Este estudio deja interesantes preguntas abiertas que requieren mayor investigación. En particular, ¿qué aspectos de la modalidad Blended learning pueden mejorarse? ¿Qué técnicas se pueden aplicar para mejorar la comunicación entre los estudiantes y el profesor? ¿Cómo se puede fomentar el autoaprendizaje en estudiantes con poco conocimiento de una asignatura en particular?

Para el trabajo futuro animamos a otros investigadores y profesores a estudiar cómo la combinación de técnicas de enseñanza puede mejorar el proceso de aprendizaje en arquitectura de software.

Referencias

Angelov, S., & de Beer, P. (2017). Designing and applying an approach to software architecting in agile projects in education. Journal of Systems and Software, 127, 78-90.

Bastarrica, M. C., Perovich, D., & Samary, M. M. (2017, May). What can students get from a software engineering capstone course?. In 2017 IEEE/ACM 39th International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training Track (ICSE-SEET) (pp. 137-145). IEEE.

Cleland-Huang, J., Babar, M. A., & Mirakhorli, M. (2014, May). An inverted classroom experience: engaging students in architectural thinking for agile projects. In Companion Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering (pp. 364-371). ACM.

Easterbrook, S., Singer, J., Storey, M. A., & Damian, D. (2008). Selecting empirical methods for software engineering research. In Guide to advanced empirical software engineering (pp. 285-311). Springer, London.

Fink, L. D. (2003). A self-directed guide to designing courses for significant learning. University of Oklahoma, 27(11).

Galster, M., & Angelov, S. (2016, May). What makes teaching software architecture difficult?. In 2016 IEEE/ACM 38th International Conference on Software Engineering Companion (ICSE-C) (pp. 356-359). IEEE.

Gehringer, E. F., & Peddycord III, B. W. (2013, March). The inverted-lecture model: a case study in computer architecture. In Proceeding of the 44th ACM technical symposium on Computer science education (pp. 489-494). ACM.

Glendon, A. I., & Clarke, S. (2015). Human safety and risk management: A psychological perspective. Crc Press.

Kitchenham, B. A., & Pfleeger, S. L. (2008). Personal opinion surveys. In Guide to advanced empirical software engineering (pp. 63-92). Springer, London.

Lago, P., & Van Vliet, H. (2005, April). Teaching a course on software architecture. In 18th Conference on Software Engineering Education & Training (CSEET'05) (pp. 35-42). IEEE.

Mahnič, V. (2011). A capstone course on agile software development using Scrum. IEEE Transactions on Education, 55(1), 99-106.

Mahnič, V. (2015). Scrum in software engineering courses: an outline of the literature. Global Journal of Engineering Education, 17(2), 77-83.

Mannisto, T., Savolainen, J., & Myllarniemi, V. (2008, February). Teaching software architecture design. In Seventh Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture (WICSA 2008) (pp. 117-124). IEEE.

Paasivaara, M., Vodă, D., Heikkilä, V. T., Vanhanen, J., & Lassenius, C. (2018, May). How does participating in a capstone project with industrial customers affect student attitudes?. In Proceedings of the 40th International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training (pp. 49-57). ACM.

Reja, U., Manfreda, K. L., Hlebec, V., & Vehovar, V. (2003). Open-ended vs. close-ended questions in web questionnaires. Developments in applied statistics, 19(1), 159-177.

Umphress, D. A., Hendrix, T. D., & Cross, J. H. (2002). Software process in the classroom: The capstone project experience. IEEE software, 19(5), 78-81.

Urrego, J. S., & Correal, D. (2013, May). Archinotes: A tool for assisting software architecture courses. In 2013 26th International Conference on Software Engineering Education and Training (CSEE&T) (pp. 80-88). IEEE.

Van Deursen, A., Aniche, M., Aué, J., Slag, R., De Jong, M., Nederlof, A., & Bouwers, E. (2017, March). A collaborative approach to teaching software architecture. In Proceedings of the 2017 ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education (pp. 591-596). ACM.

Sureka, A., Gupta, M., Sarkar, D., & Chaudhary, V. (2013). A case-study on teaching undergraduate-level software engineering course using inverted-classroom, large-group, real-client and studio-based instruction model. arXiv preprint arXiv:1309.0714.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 18/09/2019
Aceitação/Acceptance: 08/11/2019

TagEQ: Sistema de Clasificación de Eventos Sísmicos Basado en Inteligencia Artificial

Daniel León[1], Hugo Ordóñez[2], Víctor Bucheli[1]

daniel.leon@correounivalle.edu.co, hugoordonez@unicauca.edu.co, victor.bucheli@correounivalle.edu.co

[1] Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Calle 13 N.º 100-00,760031, Cali-Valle del Cauca, Colombia.

[2] Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones Universidad del Cacuca, departamento de Sistemas, Sector Tulcán Calle 5 Nº 4-70, Popayán, Cauca, Colombia.

Pages: 359–370

Resumen: La detección y clasificación de señales sísmicas es una pregunta abierta, dada la diversidad de tipos de señales, sensores y fuentes de vibración. TagEQ es un sistema de etiquetado semi-automático de señales sísmicas que toma sismogramas continuos de una estación y, a partir de un catálogo de eventos sísmicos y una representación de los sismogramas como vectores de características, clasifica automáticamente las señales. La anotación se construye a partir de características leídas del catálogo, como magnitud o profundidad de los eventos, entre otras. En este sistema se integraron modelos de clasificación que frente a nuevas entradas del sistema clasifica automáticamente los eventos sísmicos. El sistema se testeó con señales provenientes de la estación La Rusia que pertenece a la Red Sismológica Nacional de Colombia, con resultados prometedores. La aplicabilidad de este sistema, dada su modularidad, podría ampliarse a clasificar otros tipos de señales que no necesariamente son sismos tectónicos.

Palabras-clave: Aprendizaje de máquina, etiquetado semi-automático de señales, eventos sísmicos, modelos de clasificación.

TagEQ: Automatic Classification System for seismic events

Abstract: TagEQ is an automatic classification system for seismic signals. The prototype labels semi-automatically the seismic signals. In addition, the system classify seismic events by random forest models and super vector machine models. TagEQ was tested at Colombia and assigns labels semi-automatically. The prototype creates feature vectors from the seismograms, using sonograms, covariance matrix and statistical measures of the signals. The classification models were trained and the results are promising. Seismograms were registered from La Rusia station (this station belongs to the nacional seismicity network of Colombia). We discuss the results and suggest that the TagEQ can be applied to other signals, for instance, vibrations tests in buildings structures, bridges, volcanoes or Oilfields.

Keywords*:* Machine learning, semi-automatic labeling of signals, seismic events, classification models.

1. Introducción

Un sismo es la vibración que resulta de una súbita liberación de energía acumulada en un material que ya no puede deformarse más ante la presión a la que es sometido. Esta súbita liberación genera dos tipos de ondas principales que se conocen como ondas de cuerpo; y se identifican en sismología como ondas P y S. Debido a la importancia de conocer a fondo este tipo de fenómenos para tratar de predecir su ocurrencia, o de saber qué zonas pueden correr más peligro ante un evento, el procesamiento de la señales sísmicas ha sido un tema de investigación ampliamente tratado desde muchas ramas de la ciencia, como la física y las matemáticas, así como también para las ciencias de la computación.

A partir de las ondas P y S de los sismos y sus valores de velocidad de propagación se busca estudiar y predecir este tipo de eventos. Sin embargo, la detección es un problema abierto de investigación. Debido al gran volumen de datos y señales que genera una red sismológica de varias estaciones, se hace necesario tener un esquema automático de detección. Se han llevado a cabo diferentes trabajos en el área de procesamiento de señales, así como también, en el área de la detección de eventos. Estas dos áreas son de interés especial para este trabajo. Existen actualmente muchas aproximaciones a la solución de la detección automática de sismos usando esquemas de aprendizaje de máquina, que son una rama de la inteligencia artificial. Sin embargo, hay una brecha continuamente abierta debido a la inmensa heterogeneidad y gran cantidad de la información que presentan las ondas sísmicas. Así, los diferentes tipos de sensores que hacen el registro de eventos recolectan información de los diferentes tipos de estructuras de la tierra que atraviesan las ondas hasta llegar a tales sensores, los diferentes tipos de eventos sísmicos que se presentan tales como volcanes, entre otros. Entonces, la brecha abierta se puede relacionar con el problema de predecir algún tipo de estos eventos, lo cual puede salvar la vida de muchas personas y la estabilidad de una población.

Este trabajo propone un sistema prototipo de clasificación de eventos sísmicos basado en inteligencia artificial, que utiliza algoritmos de aprendizaje de máquina supervisados. Se desarrolló un corpus de señales a partir de los datos recopilados de La Rusia (estación que pertenece a la Red Sismológica Nacional de Colombia), de tal manera que se puedan aplicar los algoritmos de detección en términos del rango de señales que pueden detectar. Para ello, se creó un módulo en el que se hace una parametrización de las ondas sísmicas y un módulo de etiquetado automático de señales con base en un catálogo de eventos. A partir de los datos de una estación sismológica, se desarrollaron los modelos para clasificar las señales. La clasificación se hace frente a la magnitud del sismo o de características que se puedan inferir a partir del catálogo.

TagEQ se construyó como un sistema que ejecuta una serie de módulos (programas) y líneas de comando para clasificar señales sísmicas. Para realizar esta clasificación se deben procesar las señales sismológicas, crear vectores de características, implementar un esquema de asignación de etiquetas, y finalmente usar esta información para configurar un algoritmo supervisado de machine learning que aprenda a asignar la etiqueta. Para poder hacer sus tareas, se deben tener un catálogo y los sismogramas continuos de una estación para un lapso con el que se pueda entrenar el sistema de aprendizaje de máquina. A partir del catálogo de sismicidad, se busca en los sismogramas los trozos

de señales que correspondan a cada evento y se parametrizan, creando vectores de características de estas señales, que luego se usarán como entrada para el algoritmo supervisado. En este trabajo se utilizaron las máquinas de soporte vectorial y los bosque aleatorios (Random Forest).

El artículo está organizado de la siguiente manera: en la Sección 2 se presentan trabajos relacionados, en la Sección 3 se presenta la arquitectura del sistema TagEQ, seguido de la Sección 4 en la que se presentan los resultados y finalmente la Sección 5 la discusión.

2. Trabajos relacionados

En sismología se han implementado muchos tipos de clasificadores, desde Mapas Auto-Organizados (Köhler, Ohrnberger, & Scherbaum, 2009, 2010; Sick, Guggenmos, & Joswig, 2015), Máquinas de Soporte Vectorial (Ruano et al., 2014), o Redes Neuronales (Gentili & Bragato, 2006), buscando clasificar entre pocos tipos de señales (ruido-sismo, sismos locales-sismos regionales-telesismos, voladuras-sismos). Por otro lado, en (Groos & Ritter, 2009) se hace una clasificación de tipos de ruido en el área urbana de Bucarest a partir de un análisis de la distribución Gaussiana de las muestras en 8 diferentes bandas de frecuencia para las señales adquiridas; logrando clasificar entre 6 tipos diferentes de ruidos. Si bien las señales que se tomaron para este análisis son de 4 horas, este trabajo muestra que el análisis estadístico de la distribución de las muestras puede entregar parámetros que sirvan a un sistema de clasificación.

Para hacer detecciones y clasificaciones, las señales sísmicas son procesadas y parametrizadas de diferentes maneras. En (Sabbione & Velis, 2013) se muestra un ejemplo de parametrización que permite detectar microsismos inducidos por actividades relacionadas con el petróleo calculando la envolvente de las señales y aplicando la técnica STA/LTA para detectar señales que puedan indicar sismos, las cuales se corroboran a partir de cálculo de tiempos de llegada en otros sensores, y en (Akram & Eaton, 2012) se hace a partir de umbrales dinámicos. En (Pikoulis & Psarakis, 2015) se usan algunas características estadísticas de las señales en ventanas móviles (promedios y medianas) para segmentar registros entre señal y ruido, y así finalmente hacer detecciones automáticas más estables que las realizadas con algoritmos STA/LTA, en términos de disminución de falsas alarmas. En (Maurer & Deichmann, 1995) se ha implementado un sistema de detección de cúmulos de sismicidad a partir de correlaciones de señales sísmicas, asumiendo que la forma de la onda de eventos muy cercanos debe ser muy parecida al viajar un camino altamente similar, por lo cual serán afectadas por las mismas estructuras del subsuelo. En (Karamzadeh, Voss, & Javan, 2012) se usan espectrogramas calculados en bandas de 2Hz calculados entre 2 y 16 Hz para detectar eventos en una red de Groenlandia, añadiendo elementos que ayuden a discriminar eventos además de los algoritmos STA/LTA. Así mismo, en (Köhler et al., 2010) y (Köhler et al., 2009) se resumen otros tipos de parametrizaciones, ya referidas en el marco referencial de este documento.

Este trabajo tiene como propósito mostrar una arquitectura modular que pueda usarse para clasificar eventos usando sismogramas de una estación y un catálogo sísmico, aplicando directivas de alto nivel para anotar los eventos, implementando varios algoritmos de extracción de características, detección y clasificación, y mostrando cómo se pueden integrar en un sistema de clasificación.

3. Arquitectura TagEQ

Los datos de entrada para TagEQ son un catálogo anotado y los sismogramas de una estación para un lapso fide tiempo. Estos son utilizados como datos de entrenamiento por el algoritmo de aprendizaje de máquina. A partir del catálogo de sismicidad, se busca en los sismogramas de manera automática las señales que correspondan a cada evento y se parametrizan, creando vectores de características de dichas señales, que luego se usarán como la entrada para el algoritmo de aprendizaje que se desee utilizar: máquinas de soporte vectorial (SVM) o bosques de decisión (RF). El proyecto está disponible en https://gitlab.com/danieleon1/TagEQ.

3.1. Flujo de datos para el sistema TagEQ

Para el funcionamiento del sistema se usa un archivo de configuración que funciona como un mapa para que el sistema sepa dónde están los datos de las señales, los parámetros para los algoritmos de clasificación; los parámetros con los que se asignan las etiquetas, el tipo de clasificación que se desea hacer y las reglas con las que se deben aplicar las etiquetas. En la Figura 1 se presenta el flujo de datos y la arquitectura del sistema.

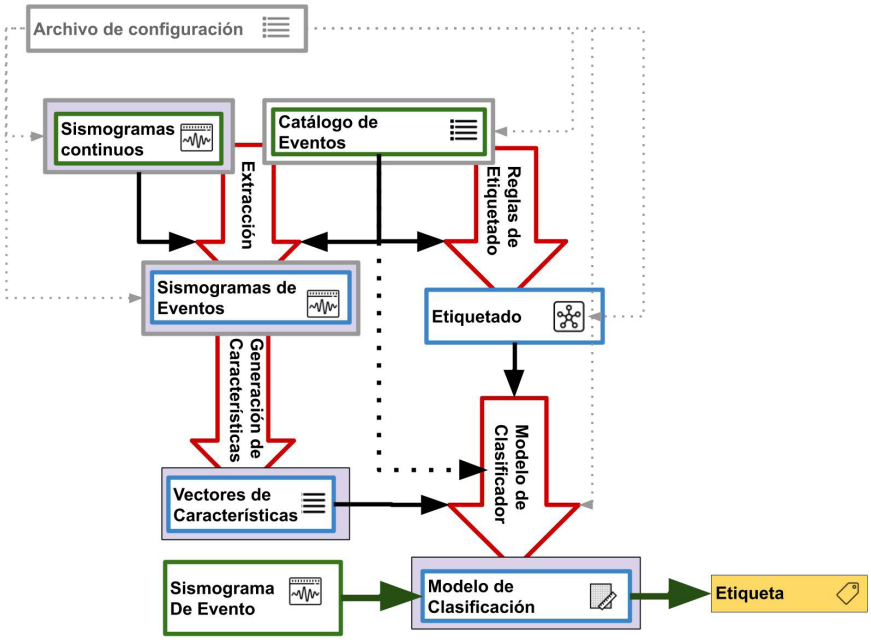


Figura 1 – Flujo de datos y arquitectura del sistema

Las tareas representadas en la Figura 1 son:

- Ejecución de las tareas de pre-procesamiento de los sismogramas continuos, extracción de las señales de los eventos que hacen parte del catálogo; y definición de las reglas con las que se asignan las etiquetas a los eventos.
- Creación de vectores de características a partir de los sismogramas de los eventos.
- Creación de modelos de clasificadores a partir de los vectores y las reglas definidas para etiquetar los eventos.
- Ya con los modelos construidos, lectura del sismograma de un evento para asignarle la etiqueta correspondiente.

3.2. Módulos del sistema TagEQ

La Figura 2 muestra los principales módulos del sistema. En ella se presentan las entradas y salidas y estructura modular del sistema TagEQ. Así se presentan los cuatro módulos principales: Configuración, ETL (Extracción, Transformación y Carga), Entrenamiento de clasificador y Etiquetado automático. Cada módulo se ejecuta de manera automática cuando el usuario lo indica, sin embargo solo los módulos de Configuración y Etiquetado automático precisan de interacción con el usuario para poder entregar su respectiva salida. A continuación se describe en detalle cada módulo del sistema.

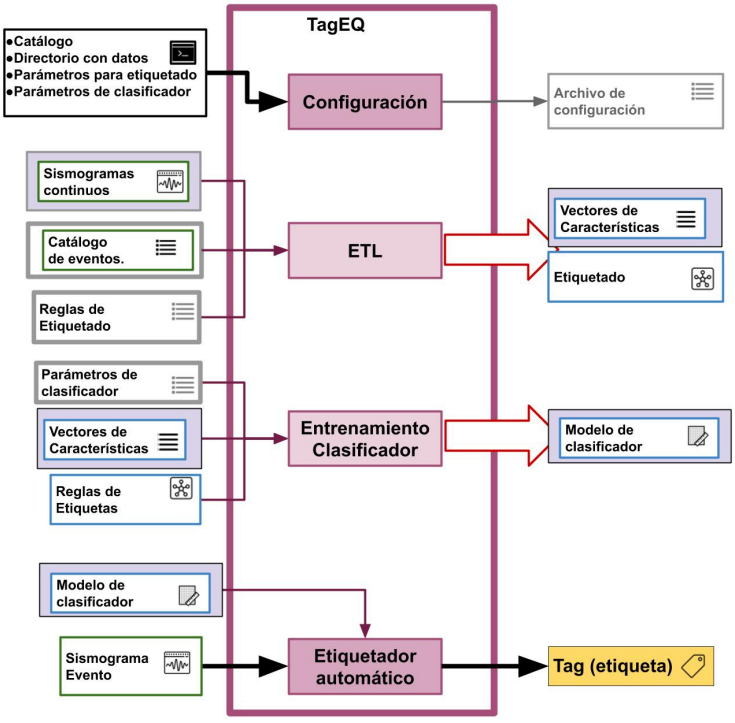


Figura 2 – Módulos del sistema TagEQ

Módulo de configuración: El módulo de configuración tiene como propósito que el usuario haga explícitas las directivas con las que desea que el sistema realice la clasificación de las señales. Hay dos clases de directivas para el sistema; las directivas generales y las directivas de Machine Learning. En las directivas generales se describe el lugar en que están los sismogramas, cuál es el catálogo con el que se trabaja, dónde se almacenan los datos generados (sismogramas de eventos y catálogos anotados), y qué reglas se usan para anotar los datos. En las directivas de Machine Learning se define el tipo de clasificador y los parámetros con los que se sintonizan tales clasificadores.

Módulo de Extracción, Transformación y Carga (ETL): Realiza todos los procedimientos de pre-procesamiento de datos y parametrización de sismogramas de los eventos. La Figura 3 presenta el esquema general de funcionamiento de este módulo. El módulo ETL toma las entradas (sismogramas continuos y catálogo de sismicidad) y genera los vectores de características que posteriormente se usarán para clasificar eventos. Usando los tiempos de origen de los eventos relacionados en el catálogo de sismicidad, se buscan en los sismogramas continuos las señales que correspondan a los eventos para posteriormente parametrizarlas usando difrentes técnicas, y luego se almacenan estos vectores de características. Para la arquitectura propuesta en el sistema TagEQ, se crearon programas para generar vectores según los siguientes criterios:

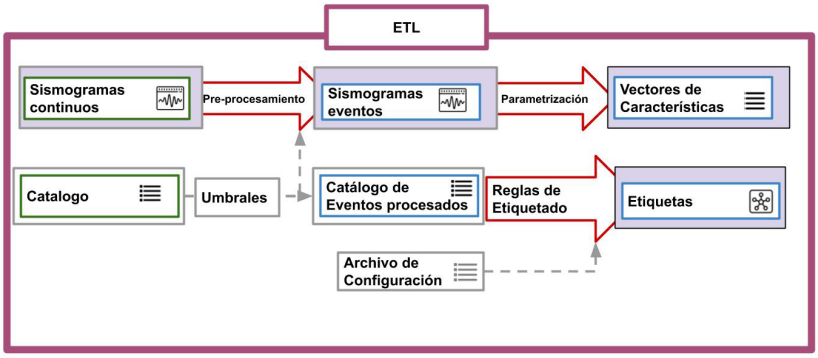


Figura 3 – Módulo de Extracción, Transformación y Carga (ETL)

- *Estadísticos*: Se calcula promedio, varianza, asimetría estadística y curtosis en ventanas de 50 segundos para los 3 canales del sismograma.
- *Sonograma*: Calcula el promedio en lapsos de 50 segundos de la energía de 9 bandas de frecuencia, a partir del algoritmo propuesto por (Joswig, 1994).
- *Dimension fractal de la señal*: Calcula la dimensión fractal de la componente vertical para una ventana definida.
- *Variación de la dimensión fractal*: Calcula la varianza de la dimensión fractal calculada en diferentes ventanas.
- *Covarianzas*: Calcula la matriz de covarianzas, rectilinealidad y planaridad de la señal en una definida.

Módulo entrenamiento del clasificador: Para realizar el entrenamiento del clasificador, se toman los vectores de características y se asigna una etiqueta correspondiente. Esta asignación se hace revisando la información consignada en el catálogo de eventos procesados y resolviendo la etiqueta a partir de las reglas de alto nivel definidas en el módulo de configuración. La idea es que estas reglas de alto nivel se especifiquen como una directiva general (eventos fuertes o pequeños, eventos profundos o someros, eventos que pertenecen o no a la zona X), y luego se etiquetan los datos resolviendo la directiva usando el catálogo de sismicidad. El esquema del flujo de información en este módulo se muestra en la Figura 4.

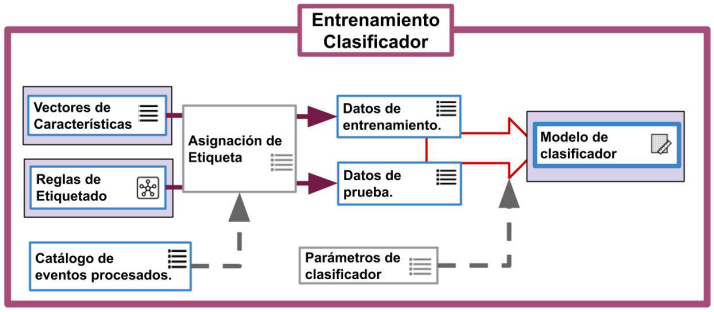


Figura 4 – Módulo de entrenamiento del clasificador

Para crear el modelo de clasificador, se usa una parte del set de datos como entrenamiento y restante como datos de prueba. Para cada caso de algoritmo de clasificación se usan los parámetros introducidos en el archivo de configuración ya sea para generar un solo modelo o para generar muchos modelos y escoger el que mejor desempeño tenga. Para el sistema TagEQ se usaron las librerías LibSVM para las máquinas de soporte vectorial (Chang & Lin, 2011); y para los bosques aleatorios de decisión el programa Ranger (Wright & Ziegler, 2017).

Módulo etiquetador de eventos: el módulo requiere que manualmente se le diga al sistema cuál es el sismograma del evento a clasificar, tras lo cual se parametriza el sismograma, se construye un vector de características, y luego se le ingresa al modelo construido anteriormente. Al ejecutar la predicción del clasificador entrenado se tiene la etiqueta del evento. La Figura 5 muestra el esquema en que funciona el módulo del etiquetador.

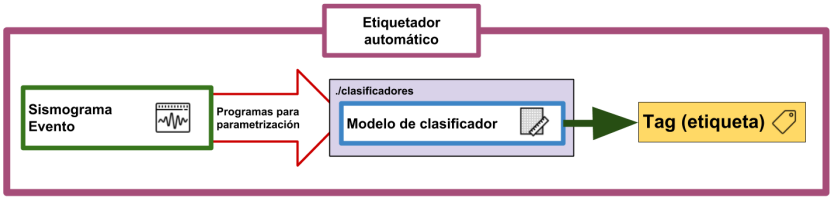


Figura 5 – Módulo etiquetador de eventos

4. Resultados

El catálogo con el que se trabajó consta de 51520 eventos. De estos eventos, se trabajó solamente los que tenían magnitud M > 2, y que tuvieran suficiente energía sísmica en la estación La Rusia; aunque en algunos casos se realizó la prueba con los eventos con magnitud M > 3. El conjunto de prueba final consta de 8151 eventos con M > 2, y de 502 para M > 3, y se probaron los algoritmos para realizar clasificación binaria.

Los casos de clasificación binaria se configuraron para eventos que superan un umbral de magnitud. Dos casos se probaron, con el umbral U=3 y U=4. La Figura 6 muestra el conjunto de eventos con magnitud mayor a cada umbral, y las Figuras 7 y 8 presentan la precisión y la sensitividad respectivamente de los clasificadores configurados usando tanto SVM como RF.

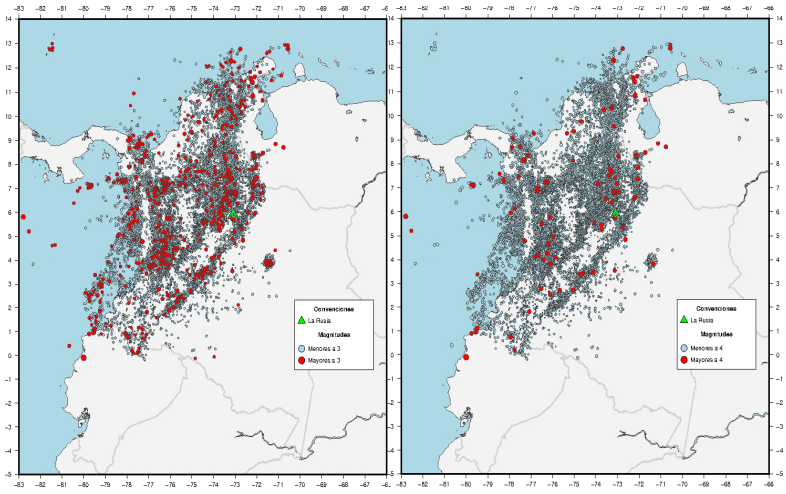


Figura 6 – Mapas de eventos con magnitud mayor a 3 (izquierda) y mayor a 4 (derecha)

La Figura 7 muestra que tanto para las SVM como para los Random Forest los clasificadores presentan una precisión por encima del 80%, y que en algunos casos las SVM se comportan un poco mejor que las Random Forest. Sin embargo, la Figura 8 muestra que los Random Forest tienen una sensitividad mucho mayor que las SVM. La sensitividad es una medida de que tan bien el clasificador encuentra los casos positivos en un sistema binario, siendo en este caso la clase positiva los eventos con magnitud por encima del umbral definido. A pesar de que la sensitividad no parece ser muy buena (cerca del 60% usando los Random Forest), hay que anotar que los conjuntos son altamente desbalanceados, con muchísimos más casos de eventos por debajo de los umbrales propuestos.

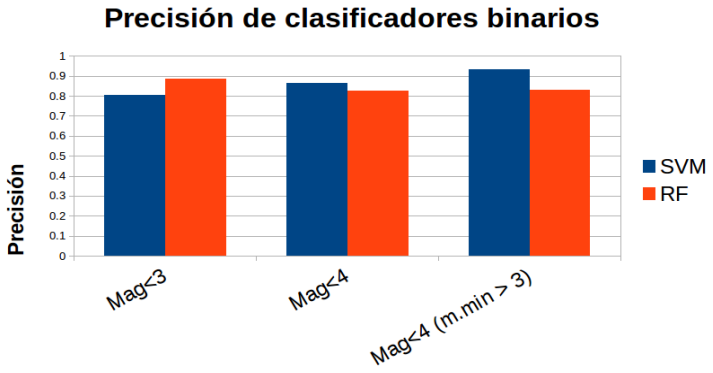


Figura 7 – Precisión de los clasificadores usando SVM y RF

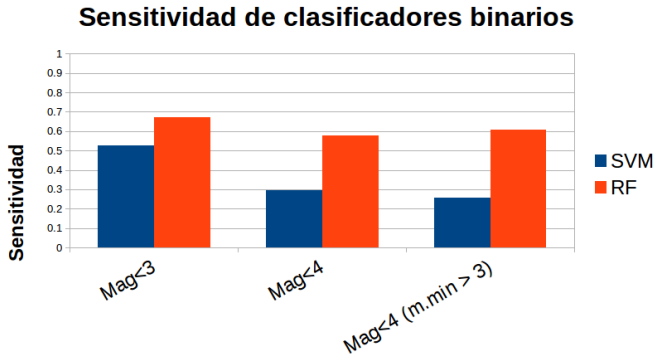


Figura 8 – Sensitividad de los clasificadores usando SVM y RF

5. Discusión

El sistema desarrollado se basa en el paradigma supervisado, aunque buena parte del sistema funciona de manera automática en el sentido de que el usuario no escoge directamente cuál es el conjunto de señales que se utilizan para el entrenamiento y prueba del clasificador; ni asigna las etiquetas a los eventos, sino que se asignan a partir de un catálogo de sismos previo, es decir, de una anotación inicial que un analista ha hecho de la sismicidad; y a partir de reglas de alto nivel que defina el usuario. Dado el nivel de abstracción que el clasificador alcanzó, es posible que pueda usarse también con otro tipo de señales, como señales de deslizamientos, explosiones, o movimiento de

fluidos. Sin embargo para poder usar esta técnica se debe crear un catálogo de tiempos de eventos y algún tipo de identificación de la señal.

La clasificación de eventos sísmicos con una sola estación puede ser de gran ayuda cuando no se tiene una red de sensores amplia. Utilizar una única estación para clasificar eventos podría ayudar a un analista a generar una alarma para revisar alguna situación a partir de una única señal adquirida, sin necesidad de esperar que se tengan las señales de otras estaciones, entregando un reporte preliminar que ponga en "estado de alerta" a un operador de datos sismológicos, con una información preliminar más completa que simplemente decir que una señal superó un nivel de energía.

El sistema desarrollado posee un nivel de modularidad que podría permitir la adición de nuevas características a los vectores desarrollando nuevos programas que extraigan información analizada de un sismograma.

La clasificación binaria obtiene precisiones para ambos tipos de clasificadores que superan el 80%, aunque la sensitividad muestra un desempeño mucho mejor en el caso de los Random Forest. Existen trabajos con niveles mejores que lo encontrado en este trabajo, lo cual puede ser consecuencia de usar una única estación (estación La Rusia) para clasificar eventos en un rango de distancias considerables y de tener muchos eventos cerca del umbral de decisión, por lo que si se desea detectar sin falta eventos por encima de una magnitud específica debería usarse un umbral de magnitud por lo menos un grado por debajo. El resultado de las precisiones indica que los parámetros escogidos para representar los eventos en los vectores de características pueden considerarse adecuados; aunque para mejorar el nivel de abstracción con eventos de tantas partes diferentes, con formas de onda diferentes, se podrían necesitar otras características.

Se pudo evidenciar que tanto para los clasificadores Random Forest como para las Support Vector Machine los resultados son buenos. El resultado que se halló también indica que los Random Forest son más adecuados para hacer la clasificación de señales sísmicas.

La clasificación de nuevas señales a partir de las reglas de alto nivel implementadas en el catálogo podría permitir a un analista encontrar rápidamente señales candidatas de algún tipo (eventos profundos/someros; grandes/pequeños, pertenecen/no pertenece de cierto interés, implementando en conjunto un algoritmo de detección con uno de clasificación.

Como trabajo futuro, dado que este es un prototipo de clasificador, se propone tener un ambiente amigable con el usuario, y definir un marco amplio en el que se puedan definir directivas de alto nivel para asignar etiquetas.

Referencias

Akram, J., & Eaton, D. (2012, May). "Adaptive microseismic event detection and automatic time picking". Presented at the CSPG/CSEG/CWLS GeoConvention 2012 Vision, Canada.

Chang, C.-C., & Lin, C.-J. (2011). LIBSVM: "A library for support vector machines". ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, 2(3), 1–27. https://doi.org/10.1145/1961189.1961199

Gentili, S., & Bragato, P. (2006). "A neural-tree-based system for automatic location of earthquakes in Northeastern Italy. Journal of Seismology", 10(1), 73–89. https://doi.org/10.1007/s10950-005-9001-z

Groos, J. C., & Ritter, J. R. R. (2009). "Time domain classification and quantification of seismic noise in an urban environment". Geophysical Journal International, 179(2), 1213–1231. https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2009.04343.x

Joswig, M. (1994). "Knowledge-based seismogram processing by mental images". IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 24(3), 429–439. https://doi.org/10.1109/21.278992

Karamzadeh, N., Voss, P. H., & Javan, G. D. (2012). "Testing of an automatic earthquake detection method on data from Station Nord", Greenland. Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin, 26, 77–80. (Testing-Automatic-Earthquake-detecmethod-greenland-karamzadeh-et-al-2002.pdf).

Köhler, A., Ohrnberger, M., & Scherbaum, F. (2009). "Unsupervised feature selection and general pattern discovery using Self-Organizing Maps for gaining insights into the nature of seismic wavefields". Computers & Geosciences, 35(9), 1757–1767. https://doi.org/10.1016/j.cageo.2009.02.004

Köhler, A., Ohrnberger, M., & Scherbaum, F. (2010). "Unsupervised pattern recognition in continuous seismic wavefield records using Self-Organizing Maps: Unsupervised seismic pattern recognition". Geophysical Journal International, 182(3), 1619–1630. https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2010.04709.x

Maurer, H., & Deichmann, N. (1995). "Microearthquake cluster detection based on waveform similarities, with an application to the western Swiss Alps". Geophysical Journal International, 123(2), 588–600. https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1995.tb06873.x

Pikoulis, E.-V., & Psarakis, E. Z. (2015). "Automatic Seismic Signal Detection via Record Segmentation". IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 53(7), 3870–2884. https://doi.org/10.1109/TGRS.2014.2386255

Ruano, A. E., Madureira, G., Barros, O., Khosravani, H. R., Ruano, M. G., & Ferreira, P. M. (2014). "Seismic detection using support vector machines". Neurocomputing, 135, 273–283. https://doi.org/10.1016/j.neucom.2013.12.020

Sabbione, J. I., & Velis, D. R. (2013). "A robust method for microseismic event detection based on automatic phase pickers". Journal of Applied Geophysics, 99, 42–50. https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2013.07.011

Sick, B., Guggenmos, M., & Joswig, M. (2015). “Chances and limits of single-station seismic event clustering by unsupervised pattern recognition”. Geophysical Journal International, 201(3), 1801–1813. https://doi.org/10.1093/gji/ggv126

Wright, M. N., & Ziegler, A. (2017). ranger: “A Fast Implementation of Random Forests for High Dimensional Data in C++ and R”. Journal of Statistical Software, 77(1). https://doi.org/10.18637/jss.v077.i01

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 14/09/2019
Aceitação/Acceptance: 27/11/2019

Análise de Escalabilidade Horizontal em um *cluster* HBase

Cedryk Augusto dos Santos[1], Bruno Santos de Lima[1], Leandro Ungari Cayres[1], Rogério Eduardo Garcia[1], Celso Olivete Junior[1], Danilo Medeiros Eler[1] , Ronaldo Celso Messias Correia[1]

cedrykaugusto@gmail.com, bruno.s.lima@unesp.br, leandro.ungari@unesp.br, rogerio.garcia@unesp.br, celso.olivete@unesp.br, danilo.eler@unesp.br, ronaldo.correia@unesp.br

[1] Universidade Estadual Paulista, R. Roberto Simonsen 305, 19060-900, Presidente Prudente, Brasil

Pages: 371–383

Resumo: O Escalonamento Horizontal permite que recursos sejam distribuídos pela adição de nós, sendo flexibilizado pelos Banco de Dados *NoSQL*. Este trabalho avalia o potencial de escalonamento horizontal de um *cluster* do Banco de Dados HBase, através de um *benchmarking* em diversos cenários é obtido um cenário ideal, de modo a verificar a eficiência e disponibilidade de aplicações independentemente da demanda de armazenamento, operações e adição de nós. Os resultados indicam que a escalabilidade é mais evidente, exceto em operações *scan*, em conjuntos de 100.000 e 1.000.000 de registros, no aumento do número de nós de 1 para 2 e de 2 para 3. Nas operações de busca, não há melhoria de desempenho a partir da inserção de nós.

Palavras-chave: Escalabilidade Horizontal; Benchmarking; NoSQL; Cluster HBase

Horizontal Scalability Analysis in a HBase Cluster

Abstract: Horizontal Scalability allows resources to be distributed by the addition of nodes, being made more flexible by the NoSQL Database. This work evaluates the horizontal scalability potential of a Hbase Database cluster, through a benchmarking in several scenarios, an ideal scenario is obtained, to verify the efficiency and availability of applications regardless of storage demand, operations and nodes addition. The results indicate that scalability is more evident, except in scan operations, in sets of 100,000 and 1,000,000 records, in increasing the number of nodes from 1 to 2 and from 2 to 3. In the search operations, there is no improvement from the additional nodes.

Keywords*:* Horizontal Scalability; Benchmarking; NoSQL; Cluster HBase.

1. Introdução

Um dos grandes desafios computacionais consiste no armazenamento, recuperação e disponibilidade de dados de modo eficiente. Inicialmente, a solução majoritária foi

a adoção dos Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados Relacionais (SGBDR), que garantem o conjunto de propriedades ACID (Atomicidade, Consistência, Isolamento e Durabilidade). Contudo, os SGBDR's não satisfazem as necessidades de sistemas no âmbito de *Big Data*.

O advento do *Big Data* não teve impacto sobre o armazenamento somente, mas também quanto a organização, relativo a características como volume, variedade, velocidade e valores (Han et al., 2011). A tecnologia relacional possui fragilidade no tratamento de dados semi-estruturados e não-estruturados, além de dificuldade de distribuição devido a atender as propriedades ACID (González-Aparicio et al., 2016). A complexidade lógica existente na modelagem relacional somada ao alto volume de dados mostrou-se um problema, visto que pode propiciar *deadlocks*, além de problemas de concorrência, lentidão na leitura e escrita dos dados (Han et al., 2011). Como alternativa surgiram os Bancos de Dados NoSQL, que atuam de modo mais eficiente com o armazenamento e manipulação de grande volume de dados, permitindo escalonamento de operações e maior flexibilidade (Ramesh et al., 2016).

Neste contexto, o objetivo do trabalho consiste em analisar o potencial de escalabilidade horizontal de um *cluster* executando o Banco de Dados NoSQL HBase. Foram conduzidos testes em diferentes cenários de implementação do *cluster*, com o intuito de obter um cenário ideal, em que aplicações e serviços se mantenham eficientes e disponíveis independentemente da demanda de armazenamento e consultas, apenas pela adição de nós ao ambiente distribuído. Os testes foram conduzidos por meio de um benchmarking com operações *read*, *write*, *scan* e *read-modify-write* utilizando o *framework Yahoo! Cloud Serving Benchmark* (YCSB) e variação do ambiente.

O HBase está integrado a plataforma Hadoop, também composta por sistema de arquivos distribui dos *Hadoop Distributed File System* (HDFS) e o modelo de suporte à programação paralela *MapReduce*. O HBase permite o processamento distríbuído por meio de clusters, atuando sobre o HDFS de modo a prover recursos semelhantes ao *BigTable* (Chang et al., 2008) e alta tolerância a falhas ao armazenar grandes quantidades de dados esparsos.

Este trabalho está organizando do seguinte modo: Na Seção 2 são apresentados conceitos de escalabilidade em banco de dados e as ferramentas utilizadas; A Seção 3 expõe os trabalhos relacionados; Na Seção 4 é apresentada a configuração do experimento descrevendo os cenários de testes utilizados; A Seção 5 exibe a análise dos resultados obtidos. Por fim, a Seção 6 apresenta as considerações finais.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Escalabilidade em Banco de Dados

Escalabilidade é a capacidade de expandir os recursos (armazenamento e processamento) de um sistema (Elmasri & Navathe, 2010). Um Banco de Dados escalável possui a capacidade de manipular maior quantidade de dados e garantir a disponibilidade do sistema. Existem duas abordagens para escalabilidade: *Vertical* e *Horizontal*.

A *Escalabilidade Vertical* consiste em adicionar mais recursos ao servidor, a qual provê menor consumo de energia, implementação facilitada e menores problemas

de arrefecimento. Contudo, possui custo extremamente superior a escalabilidade horizontal, além de possibilitar a interrupção do serviço por falha devido a um único servidor (Hwang et al., 2014).

Em contraponto, na *Escalabilidade Horizontal*, os recursos são distribuídos em diferentes servidores, em geral máquinas simples, com o propósito de redução de custos. Existe garantia de recuperação em caso de falhas, devido a presença de redundância de dados e processos em diversos nós. Essa arquitetura é presente em diversos Banco de Dados *NoSQL (*Hwang et al., 2014).

2.2. Apache Hadoop

O Apache Hadoop consiste em um *framework* para processamento distribuído de grande volume de dados em *clusters*. Utiliza o modelo *MapReduce*, projetado para escalonamento horizontal, oferecendo alta disponibilidade e recuperação de falhas. Um *cluster* Hadoop opera sob a arquitetura mestre/escravo – Figura 1. Existem cinco processos, o *NameNode* e o *JobTracker* são processos executados pelo nó-mestre, enquanto *SecondaryNameNode* pelo nó-mestre alternativo, em caso de falha. O *DataNode* e *TaskTracker* atuam como processos escravos de múltiplas instâncias.

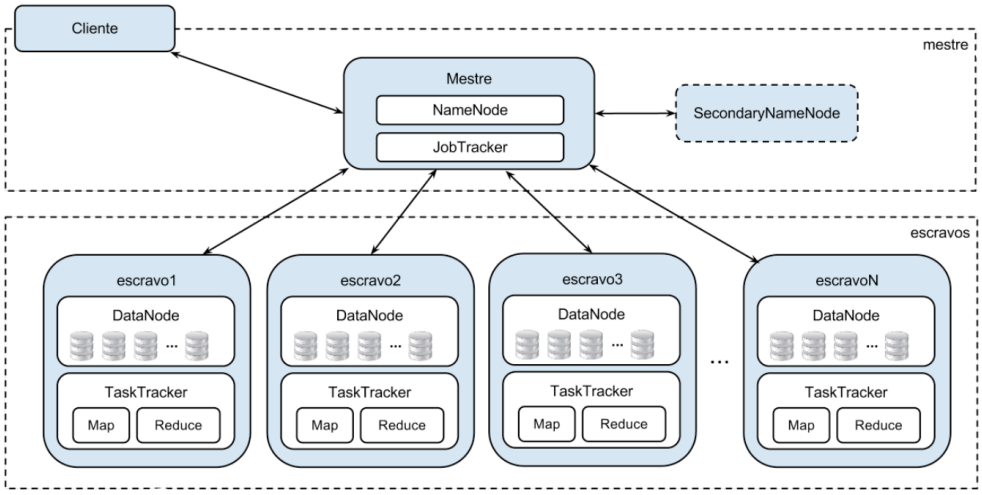


Figura 1 – Estrutura dos processos do Hadoop (Goldman et al., 2012).

2.3. HBase

O HBase é um banco de dados *NoSQL*, distribuído, tolerante a falhas de código aberto e altamente escalável, com foco em aplicações que necessitam de leitura e escrita de acesso aleatório com tempo constante. O projeto foi inspirado no *BigTable* da Google, ambos utilizam o modelo de dados orientado a colunas. Esse não possui nenhuma linguagem de consulta estruturada, que fornece uma API Java que possibilita realizar operações básicas como *put*, *get*, *update* e *delete*, e também o uso da função *scan*, para selecionar quais as colunas retornadas ou o número de versões de cada célula, porém consultas mais complexas utilizam *jobs* do *MapReduce*.

Os dados do HBase são armazenados como arquivos do HDFS, um sistema de arquivos distribuídos tolerante a falhas, voltado para *hardware* de baixo custo e aplicações com grande volume de dados. Dessa forma, os servidores escravos (*region servers*) são dispostos nos nós que executam os processos *DataNode* do HDFS provendo localidade nos dados que transitam de um para o outro.

2.4. Yahoo! Cloud Serving Benchmark

O YCSB (*Yahoo! Cloud Serving Benchmark*) é um *framework* de *benchmarking* para bancos de dados distribuídos, que permite a adição de novas implementações (Cooper et al., 2010). O YCSB possibilita a avaliação de duas camadas de *benchmark*: desempenho e escalabilidade. Em desempenho, mede-se a latência (tempo de execução) das requisições, enquanto a escalabilidade é medida considerando o impacto no desempenho quando o número de servidores do sistema cresce (Cooper et al., 2010). Esse possui um conjunto de *workloads* denominado *Core Package* e uma aplicação chamada *YCSB Client*. As *workloads* consistem de combinações de operações de leitura e escrita, na execução de uma *workload*, o YCSB Client cria um conjunto de dados e submete as requisições ao banco de dados (Cooper et al., 2010).

3. Trabalhos Relacionados

Jogi & Sinha (2016) realizam a comparação MySQL com Cassandra e HBase em operações *heavy write*, utilizando uma aplicação *web* REST (*Representacional State Transfer*) para recebimento dos dados e armazenamento no Banco de Dados. Concluiu-se que o Cassandra apresentou melhor velocidade de escrita, enquanto o HBase foi duas vezes mais rápido que o MySQL, isso ocorre devido a incorporação de características do *BigTable* do Google e do DynamoDB pelo Cassandra. Swaminathan & Elmasri (2016) analisaram a escalabilidade nos Bancos de Dados: HBase, Cassandra e MongoDB, utilizando o *framework* YCSB com diferentes cargas de trabalho e conjunto de dados, no intuito de evidenciar as vantagens e desvantagens de cada em cenários específicos.

Segundo Waage & Wiese (2014), a confiabilidade para o armazenamento "em nuvem" é um dos pontos chaves para adoção de tecnologias não-relacionais, desse modo, foi proposto o uso de criptografia como solução. Contudo, foi necessário avaliar dessa escolha, assim foi conduzido um estudo para avaliar o impacto da criptografia nos Bancos de Dados Cassandra e HBase. Para tal foi utilizado o *framework* YCSB em que *workloads* foram aplicadas a dados não-encriptados e encriptados usando o algoritmo *Advanced Encryption Standard* (AES) com chaves de diferentes comprimentos. Foi relatada uma redução no desempenho médio do *cluster*, independentemente do tamanho da chave de encriptação.

No estudo-base do YCSB, Cooper et. al. (2010) aplicaram *benchmarking* para o Cassandra, HBase, Yahoo!'s PNUTS e o Sharded MySQL, como exemplo de uso do *framework*. Foi observado que o Cassandra e HBase apresentam maior latência para operações *read* e menor latência para *update* e *write* em relação ao PNUTS e MySQL, enquanto o PNUTS e Cassandra possuem melhor escalabilidade em detrimento ao HBase, quando o número de servidores aumenta proporcionalmente a carga de trabalho.

Diferentemente da literatura, este trabalho avalia o potencial do escalonamento horizontal de um *cluster* HBase, através de um *benchmarking*, de modo a criar um cenário que aplicações e serviços se mantenham eficientes e disponíveis independentemente da demanda de armazenamento e consultas, em termos de eficiência e disponibilidade.

4. Configuração do Ambiente de Experimentação

Os testes foram executados em um *cluster* composto por 7 computadores com Linux CentOS 6.6, sendo um deles o nó mestre denominado *hpcdmc* e os seis caracterizados como nós escravos denominados de n_1 a n_6. **Configuração do nó mestre (hpcdmc):** 2x Processador Intel Xeon E5-2620 2.0GHz 6 núcleos; 4x Memória RAM Kingston DDR3 8GB 1333MHz; 8x Sata3 de 2TB. **Configuração dos nós escravos e cliente (n_1 a n_6):** 2x Processador Intel Xeon E5-2690 2.90GHz 8 núcleos; 4x Memória RAM Kingston DDR3 8GB 1600MHz; 8x Sata3 de 500GB e 16MB de cache.

O experimento utilizou os softwares: Hadoop 2.7.3; HBase 1.2.4; ZooKeeper 3.4.10; YCSB 0.12.0, em que foi priorizada estabilidade na escolha das versões.

Para os testes iniciais foram organizados cinco cenários. Com base nesses foi analisado a melhor alternativa para a implementação do *cluster* e avaliar sua escalabilidade, ou seja, como serão dispostos os processos cliente, mestre e escravo, e assim foi idealizado e avaliado o sexto cenário. Na Figura 2 é ilustrado a configuração dos seis cenários.

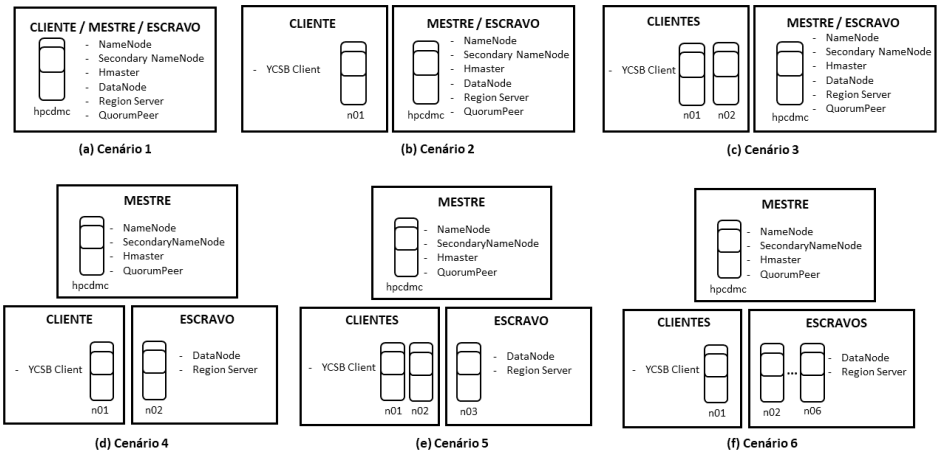


Figura 2 – Configuração dos seis cenários de testes.

Nos cinco primeiros cenários foram executados os testes em um ambiente pseudo-distribuído, com duas *workloads*: 100% *write* e 100% *read* – 100.000 registros, tendo cada registro 1KB e distribuição uniforme. Cada teste foi repetido 3 vezes para cada

quantidade de *threads*, em que foi obtida a média da latência (tempo de execução em milissegundos) e o desempenho médio (operações/segundo).

No sexto cenário, cuja configuração foi obtida dos testes anteriores, é analisada a escalabilidade do HBase em um *cluster* totalmente distribuído. Cada teste foi executado 3 vezes, cujo resultado a média das saídas. A seguir, é descrita a organização dos cenários:

Cenário 1: o *cluster* é configurado como se houvesse uma distribuição entre máquinas em redes, porém estão todos no mesmo nó. Dessa forma, os processos mestre e escravo do Hadoop e HBase, os processos do ZooKeeper e do YCSB Client são executados todos no *hpcdmc* – Figura 2a.

Cenário 2: a execução de todos os processos mestre e escravo junto com o YCSB *Client* pode comprometer a quantidade de requisições enviadas ao banco, alocou-se o YCSB em um nó separado para verificar essa hipótese. Assim, os processos mestre e escravo do Hadoop e HBase e os processos do ZooKeeper continuaram a ser executados no *hpcdmc*, mas o processo YCSB *Client* foi executado no nó n_1 – Figura 2b.

Cenário 3: dada a limitação de *threads* do YCSB *Client*, que podem ser executa- das no n_1, pelo número de núcleos do processador, no cenário 3 a execução da *workload* foi dividida entre nós n_1 e n_2. Cada nó foi encarregado pela metade dos registros e metade do número de *threads* do YCSB *Client* total do teste. Exemplo: na execução da *workload* 100% *read* e 64 *threads*, cada nó gerou 50.000 requisições *read* com 32 threads ativas no YCSB. A saída de cada foi a soma do desempenho médio (operações/s) e a maior latência (tempo de execução em milissegundos). O *hpcdmc* permaneceu pseudo-distribuído – Figura 2c.

Cenário 4: consiste na aproximação de uma situação mais adequada quanto a configuração do *cluster*, em que os processos cliente, mestre e escravo estão completamente distribuídos. O n_1 é responsável pelo YCSB *Client*, o *hpcdmc* pelos processos mestre do Hadoop, HBase e dos processos do ZooKeeper, enquanto o n_2 executou os processos escravos do Hadoop e HBase – Figura 2d.

Cenário 5: analisou a necessidade de mais de um servidor gerando requisições na saturação do cluster. Assim, o n_1 e n_2 dividiram a execução das *workloads*, o *hpcdmc* foi responsável pelos processos mestre do Hadoop, HBase e os processos do ZooKeeper o n_3 executou os processos escravos do Hadoop e HBase – Figura 2e.

Cenário 6: Os resultados dos testes anteriores apoiaram as decisões quanto a estrutura do cenário 6 – Figura 2f. Foram executadas as *workloads*: *write*, *read* e *scan*, variando entre 1.000, 10.000, 100.000 e 1.000.000 registros de tamanho 1KB e com distribuição uniforme, variando o número de escravos de 1 a 5 e o número de threads do YCSB *Client* fixo.

5. Análise de Resultados

Essa Seção apresenta a análise dos resultados com a execução dos testes. Inicialmente são descritas as análises dos resultados obtidos nos cinco primeiros cenários, em seguida apresentamos as análises dos resultados dos testes aplicados em um *cluster* totalmente distribuído, cenário 6.

5.1. Cenários de 1 a 5

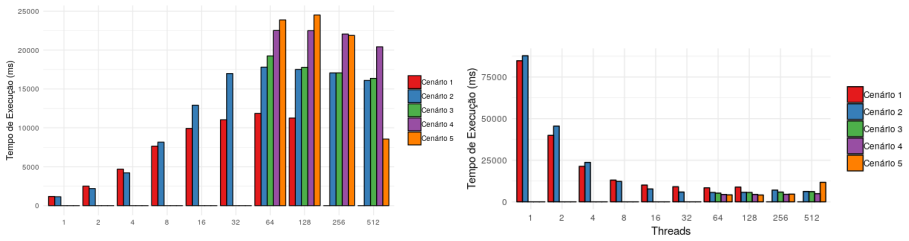
Analisando os resultados dos testes aplicados aos cenários 1 e 2 foi identificado um crescimento no desempenho médio do *cluster* nas execuções com o uso de até 64 *threads* – Figuras 3a e 4a. No cenário 1, ao utilizar entre uma e 64 *threads* ocorreu um aumento de aproximadamente 90% no desempenho médio, enquanto no cenário 2 ocorreu, para a mesma quantidade de *threads*, um aumento de aproximadamente 93%.

Na instanciação de mais de 64 *threads*, ao analisar os resultados obtidos com os testes aplicados ao cenário 1, observa-se queda no desempenho médio de aproximadamente 5% com o uso de 128 *threads*. Considerando o cenário 2, também há quedas nas execuções de 128, 256 e 512 *threads*, sendo a mais expressiva de aproximadamente 10% nas execuções com 256 *threads*. Ambas as porcentagens foram calculadas comparando os resultados às execuções com 64 *threads*.

Observa-se queda na latência nos testes dos cenários 1 e 2 até as execuções com 64 *threads* – Figuras 3b e 4b, a medida que o desempenho médio aumenta, ou seja, o *cluster* executa mais operações por segundo, o tempo de execução do teste diminui. No cenário 1, a queda da latência entre as execuções com 1 e 64 *threads* foi de aproximadamente 90% e para o cenário 2 de aproximadamente 93%.

Constata-se que o desempenho máximo do *cluster* nos dois primeiros cenários foi obtido nas execuções do YCSB *Client* com o uso de 64 *threads*, a partir do cenário 3 foram executados apenas os testes com o uso de 64 a 512 *threads*, de modo a observar se esses resultados foram ótimos locais ou globais. Os testes do cenário 1, para 256 e 512 *threads* não puderam ser executados por estouro da pilha de memória do nó *hpcdmc* ao executar o YCSB *Client* já que, além do YCSB *Client* o nó *hpcdmc* também estava executando os processos mestre e escravo do Hbase e Hadoop e os processos do ZooKeeper.

A análise dos resultados dos testes com *workload* 100% *write* – 100.000 registros, mostrou que o melhor desempenho médio foi alcançado pelo cenário 5 para as execuções com o uso de 64 e 128 *threads*, sendo maior que os resultados dos cenários 4, 3, 2 e 1 aproximadamente 5,7%, 19,4%, 25,4% e 50,3% nas execuções com 64 *threads* e, 8,2%, 27,4%, 28,6% e 54% nas execuções com 128 threads, respectivamente. Nas execuções com o uso de 256 e 512 *threads* o melhor desempenho médio foi obtido pelo cenário 4 sendo maior que os cenários 5, 3 e 2 em 0,8%, 22,6% e 35,6% nas execuções com 256 *threads* e, 58%, 19,9% e 21,2% nas execuções com 512 *threads* respectivamente.



a) Desempenho Médio

b) Latência

Figura 3 – *Workload* 100% *write* 100 000 registros nos cenários de 1 a 5.

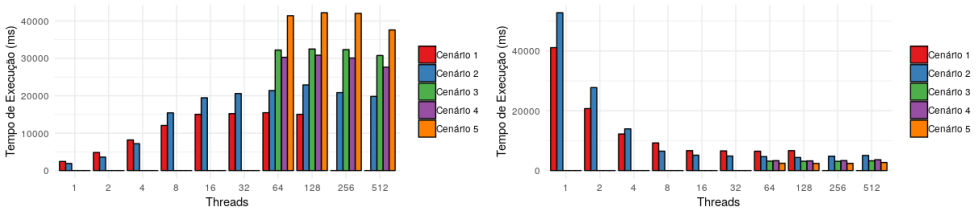


Figura 4 – *Workload* 100% *read* 100 000 registros nos cenários de 1 a 5.

O cenário 5 apresentou esse desempenho pois o *cluster* foi completamente distribuído, então os processos mestres e escravo do HBase e Hadoop, processos do ZooKeeper e YCSB não concorreram por recursos de uma mesma máquina uns com os outros. O mesmo ocorreu no cenário 4, mas a divisão da execução das *workloads* entre o n_1 e n_2 apresentou uma pequena melhora no cenário 5 no desempenho do cluster executando o YCSB com 64 e 128 threads, já nas execuções com o uso de 256 e 512 *threads* tal divisão sobrecarregou demais o n 3 fazendo com que o desempenho médio diminuísse e a latência aumentasse, tornando os resultados do cenário 4 melhores.

A partir dos testes com a *workload* 100% *write* – 100.000 registros, pode-se concluir que o cenário 5, para execuções com o uso de 64 e 128 *threads* obteve uma execução mais rápida se comparado com os resultados obtidos com os testes dos cenários 4, 3, 2 e 1 aproximadamente 5,6%, 19,7%, 25,4% e 50,2% com o uso de 64 *threads* e, 7,8%, 27%, 28,1% e 53,7% com 128 *threads* respectivamente. Enquanto que as execuções com o uso de 256 e 512 *threads* o cenário 4 apresentou resultados nos quais a execução foi mais rápida que os resultados obtidos com os testes dos cenários 5, 3 e 2 aproximadamente 2,4%, 22,8% e 35,8% com o uso de 256 *threads* e, 95,8%, 20,3% e 21,5% com o uso de 512 *threads* – Figura 3b.

Considerando a workload 100% *read* – 100.000 registros, para todos os números de *threads*, o cenário 5 apresentou resultados com o melhor desempenho médio sendo maior que os resultados dos cenários 4, 3, 2 e 1 aproximadamente 26,8%, 22,2%, 48,3% e 62,6% nas execuções com o uso de 64 threads e, 26,9%, 44,3%, 45,7% e 64,4% nas execuções com o uso de 128 threads respectivamente. E maior que os resultados dos cenários 4, 3 e 2 aproximadamente 28,4%, 23% e 50,4% nas execuções com o uso de 256 *threads* e, 26,5%, 18,2% e 47,3% nas execuções com o uso de 512 *threads* respectivamente.

Para as operações de leitura na *workload* 100% *read*, a divisão de requisições entre o n_1 e n_2 não sobrecarregou o n_3 para execuções com o uso de 256 e 512 *threads* como nos testes com a *workload* 100% *write*, então o cenário 5 obteve os melhores resultados para cada execução entre 64 e 512 *threads*. Os testes do cenário 3, que também dividiram as requisições entre o n_1 e n_2 obtiveram os segundos melhores resultados para cada execução entre 64 e 512 *threads*. Portanto para operações de leitura, o *cluster* é mais eficiente, considerando o desempenho médio e a latência, se as requisições são realizadas de mais de um cliente – Figura 4a.

Na *workload* 100% *read* – 100.000 registros – Figura 4b, a latência obtida com os testes executados no cenário 5 foi menor que os cenários 4, 3, 2 e 1 aproximadamente 26,2%,

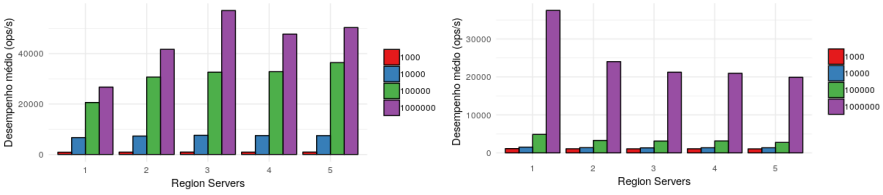
22,8%, 47,9% e 62,3% nas execuções com o uso de 64 threads e, 26,6%, 23,6%, 45,6% e 64,3% nas execuções com o uso de 128 threads respectivamente. E também, menor que os cenários 4, 3 e 2 aproximadamente 27,9%, 22,8% e 50% nas execuções com o uso de 256 threads e, 25,5%, 17,3% e 46.6% nas execuções com o uso de 512 threads respectivamente.

Observou-se também que para todos os cenários as execuções com o uso de 64 e 128 *threads* são as mais altas e a variação referente a um mesmo cenário, considerando essas duas quantidades de *threads* não são expressivas, sendo de aproximadamente 1%, para os testes da *workload* 100% *write* e 100% *read*, para latência e desempenho médio. O aumento do número de *threads* além de 128 causou uma queda do desempenho médio nos testes dos cenários 5, 4, 3 e 2 de até 65%, 9,3%, 15% e 9,6% para os testes da workload 100% *write* e, 10,9%, 10,4%, 5,3 e 13,5% para os testes da workload 100% *read* respectivamente. Comparando então os 5 cenários em que a execução do YCSB *Client* ocorreu com 64 *threads*, temos que em ambas as *workloads* 100% *write* e 100% *read* o cenário 5 obteve o maior desempenho médio do *cluster*, seguido pelo cenário 4 na *workload* 100% *write* com uma diferença de aproximadamente 5,7% e, seguido pelos cenários 3 e 4 na *workload* 100% *read* com uma diferença de aproximadamente 22,2% e 26,8% respectivamente.

O cenário 4 obteve o segundo maior desempenho médio com a *workload* 100% *write* com menos de 6% comparado ao cenário 5, obtendo o terceiro maior desempenho médio nos testes da *workload* 100% *read* com uma diferença de aproximadamente 6% comparado com os resultados obtidos com os testes aplicados ao cenário 3 e, considerando também que ambos os cenários 5 e 3 utilizam 2 nós para a execução do YCSB *Client*, reduzindo o número de nós disponíveis para os testes de adição de nós, a implementação do *cluster* para os testes do cenário 6 foi realizada de acordo com o cenário 4 e com 64 *threads* de execução no YCSB *Client*.

5.2. Cenário 6

Inicialmente, a respeito do desempenho médio (Figura 5a), a escalabilidade horizontal foi mais evidenciada com 1.000.000 de registros, sendo o desempenho do cluster com 5 *region servers* maiores do que os testes executados com 4, 3, 2, e 1 *region servers* em aproximadamente 5,1%, 6,5%, 17,1% e 47% respectivamente. A análise dos resultados dos testes para 100.000 registros também demonstrou certa escalabilidade, sendo o desempenho médio com 5 *region servers* maiores do que o desempenho médio dos testes executados com 4, 3, 2, e 1 region servers em aproximadamente 9,9%, 10,4%, 15,7% e 43,4% respectivamente.

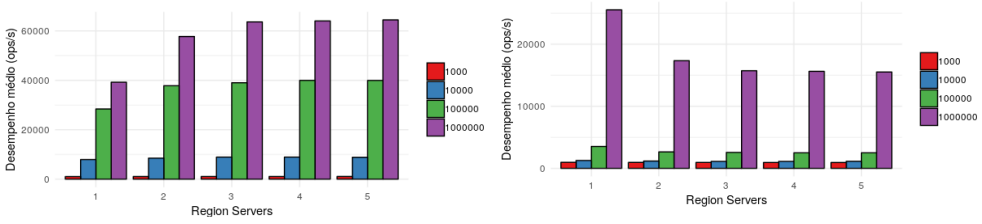


a) Desempenho Médio

b) Latência

Figura 5 – *Workload* 100% *write* variando o tamanho do conjunto de dados e número de *region servers* do *cluster*.

A partir da análise dos resultados dos testes da *workload* 100% *write* – Figura 5b, observa-se que com 1.000.000 registros a latência foi menor que os testes com 4, 3, 2 e 1 *region server* em aproximadamente 5%, 6,3%, 17,1% e 47% respectivamente. Com base nos testes com 100.000 registros, a escalabilidade foi menos evidenciada, as latências tiveram poucas alterações comparados com os resultados dos testes com 4, 3, 2 e 1 *region server*, sendo menor em aproximadamente 12,5%, 11,7%, 15,9% e 43,4% respectivamente.



a) Desempenho Médio

b) Latência

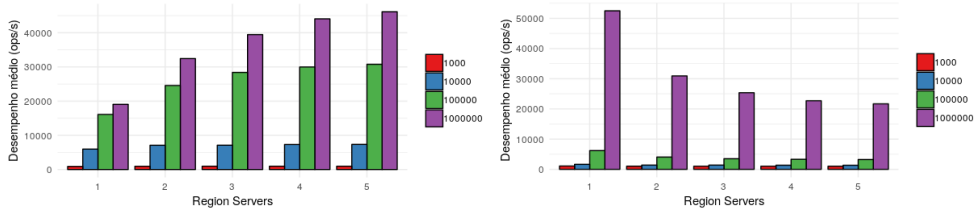
Figura 6 – *Workload* 100% *read* variando o tamanho do conjunto de dados e o número de *region servers* do *cluster*.

Nos testes com conjunto de dados de 1.000 e 10.000 registros não houve alterações significativas no desempenho médio com a adição de nós, sendo a variação mais expressiva para 1.000 registros de aproximadamente 4% aumentando de 1 para 2 *region servers*, aproximadamente 8% para 10.000 aumentando de 1 para 2 *region servers*, considerando o desempenho médio – Figura 6a e a latência – Figura 6b.

Para a *workload* 100% *read*, assim como nos resultados acima, nota-se que a escalabilidade horizontal foi mais evidenciada quando o conjunto com 1.000.000 de registros. Porém nas execuções com 5 *region servers* só existiu alteração significativa no desempenho médio quando comparadas com as execuções com 2 e 1 *region servers*, sendo maior em aproximadamente 10,4% e 39,1% respectivamente. Para as execuções com 4 e 3 *region servers* a variação foi de menos de 1,5% – Figura 6a. Pelos resultados dos testes com 100.000 registros, nota-se o mesmo comportamento, sendo o desempenho médio das execuções com 5 *region servers* maiores que os testes com 2 e 1 *region servers* aproximadamente 5,4% e 29% respectivamente. Para as execuções com 4 e 3 *region servers* a variação foi de menos de 2,4%. Os testes em que os conjuntos de dados foram iguais a 1.000 e 10.000 registros não tiveram alterações significativas, sendo a variação mais expressiva para o conjunto de dados de 1.000 registros de menos de 1,5% aumentando de 1 para 2 *region servers* e para o conjunto de 10.000 registros de menos de 7,5% também aumentando de 1 para 2 *region servers*.

A latência dos testes da workload 100% *read* – Figura 6b, também não apresentou alterações significativas para os testes com 1.000.000 e 100.000 registros entre os *region servers* 3 e 5, sendo essa variação menor que 1,3% para ambos. Desta forma, os testes executados com 5 *region servers* apresentaram menor latência que os testes com 2 e 1 *region servers* em aproximadamente 10,5% e 40,2% com 1.000.000 de registros e,

em aproximadamente 5,4% e 29% com 100.000 registros respectivamente. Para 1.000 e 10.000 registros não houve alterações significativas no desempenho médio, sendo a variação de 1 para 5 *region servers* menores que 3,3% para 1.000 registros e, de menos de 10,7% para 10.000 registros.



a) Desempenho Médio

b) Latência

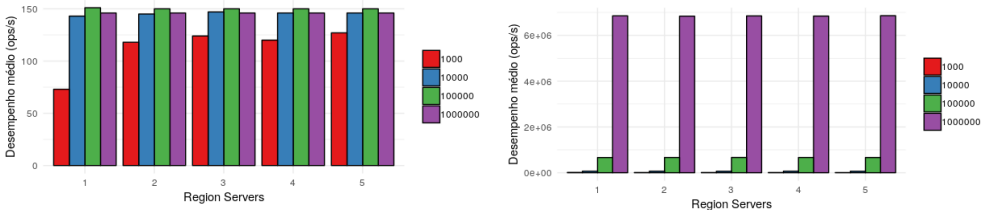
Figura 7 – *Workload* 100% *read/modify/write* variando o tamanho do conjunto de dados e o número de *region servers* do *cluster*.

Quanto ao desempenho médio dos testes da *workload* 100% *read/modify/write* – Figura 7a, observou-se novamente que, a escalabilidade horizontal é mais evidenciada nos cenários com 1.000.000 de registros, sendo o desempenho médio dos testes com 5 *region servers* maiores que os resultados dos testes com 4, 3, 2 e 1 *region servers* aproximadamente 4,5%, 14,5%, 29,7% e 58,6% respectivamente. Para os testes com 100.000 registros obteve-se nas execuções com 5 *region servers* um desempenho médio maior que os testes com 4, 3, 2 e 1 *region server* de aproximadamente 5,6%, 7,1%, 20,1% e 47,7% respectivamente.

Os testes com 1.000 registros não apresentaram resultados com alterações significativas no desempenho médio, a variação mais expressiva é de menos de 6% aumentando de 1 para 2 *region servers*. No conjunto de 10.000 registros, a variação mais expressiva foi de 18,5% quando aumentado de 1 para 2 *region servers*. As demais adições variaram menos que 4%.

Considerando a *workload* 100% *read/modify/write* o comportamento da latência – Figura 7b, acompanha o desempenho médio de modo inversamente proporcional, assim, os testes com 1.000.000 de registros e 5 *region servers* obtiveram uma latência menor que os testes com 4, 3, 2 e 1 *region servers* em aproximadamente 4,4%, 14,4%, 29,9% e 58,7% respectivamente. Do mesmo modo, com 100.000 registros e 5 *region servers* houve latência menor que os testes com 4, 3, 2 e 1 *region servers* em aproximadamente 2,6%, 7,7%, 20,1% e 47,9% respectivamente.

Os testes com a *workload* 100% *read/modify/write* de 1.000 e 10.000 registros não tiveram alterações significativas na latência, seguindo a mesma porcentagem calculada nos testes de desempenho médio. O desempenho médio – Figura 8a e latência – Figura 8b para os testes da *workload* 100% *scan*, mostra-se que, exceto com 1.000 registros, que não houve alterações significativas no desempenho médio do *cluster* sendo a variação mais expressiva de todos os conjuntos menor que 1,4%.



a) Desempenho Médio b) Latência

Figura 8 – *Workload* 100% *scan* variando o tamanho do conjunto de dados e o número de *region servers* do *cluster*.

Nos testes com 1.000 registros, o desempenho médio das execuções com 5 *region servers* foi maior que do as execuções com 4, 3, 2 e 1 *region servers* em aproximadamente 5,5%, 2,4%, 7% e 42,5% respectivamente. A latência das execuções com 5 *region servers* foi menor que do as execuções com 4, 3, 2 e 1 *region servers* em aproximadamente 5,3%, 2,2%, 6,5% e 42% respectivamente.

6. Considerações Finais

Os resultados obtidos mostram que o escalonamento horizontal é mais evidente, considerando as *workloads* 100% *write*, *read* e *read/modify/write*, para conjuntos superiores a cem mil registros. Também foi identificado que o desempenho médio do *cluster* é mais significativo no aumento de *region servers* de 1 para 2 e de 2 para 3, sendo menos expressivos a partir de 3 *region servers* (inferior a 8%).

Desta forma, a melhora no desempenho do *cluster* HBase, considerando o desempenho médio e a latência das operações, é diretamente proporcional ao tamanho do conjunto de dados, de modo mais evidente.

O ganho de desempenho varia de acordo com as operações. Por exemplo, o melhor aproveitamento do *cluster* para desempenho médio nas execuções com 5 *region servers* foi alcançado pelos testes da *workload* 100% *read*, sendo maior que os testes das *workloads* 100% *write* e 100% *read/modify/write* em aproximadamente 22% e 28% respectivamente. Contudo, os testes da *workload* 100% *scan* mostram que não há melhora no desempenho para busca, independentemente do conjunto de dados, devido a implementação da busca linear implementada pela ferramenta HBase.

Referências

Chang, F., Dean, J., Ghemawat, S., Hsieh, W. C., Wallach, D. A., Burrows, M., Chandra, T., Fikes, A., and Gruber, R. E. (2008). Bigtable: A distributed storage system for structured data. *ACM Transactions on Computer Systems (TOCS)*, 26(2):4.

Cooper, B. F., Silberstein, A., Tam, E., Ramakrishnan, R., and Sears, R. (2010). Benchmarking cloud serving systems with ycsb. *In Proceedings of the 1st ACM symposium on Cloud computing*, pages 143–154. ACM.

Elmasri, R. and Navathe, S. (2010). Fundamentals of database systems. *Addison-Wesley Publishing Company*.

Goldman, A., Kon, F., Junior, F. P., Polato, I., and de Fátima Pereira, R. (2012). Apache hadoop: conceitos teóricos e práticos, evolução e novas possibilidades. *XXXI Jornadas de atualizações em informática*, pages 88–136.

González-Aparicio, M. T., Younas, M., Tuya, J., and Casado, R. (2016). A new model for testing crud operations in a nosql database. *In 2016 IEEE 30th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA)*, pages 79–86.

Han, J., Haihong, E., Le, G., and Du, J. (2011). Survey on nosql database. *In 2011 6th international conference on pervasive computing and applications*, pages 363–366. IEEE.

Hwang, K., Shi, Y., and Bai, X. (2014). Scale-out vs. scale-up techniques for cloud performance and productivity. *In 2014 IEEE 6th International Conference on Cloud Computing Technology and Science*, pages 763–768. IEEE.

Jogi, V. D. and Sinha, A. (2016). Performance evaluation of mysql, cassandra and hbase for heavy write operation. *In 2016 3rd International Conference on Recent Advances in Information Technology (RAIT)*, pages 586–590. IEEE.

Ramesh, D., Khosla, E., and Bhukya, S. N. (2016). Inclusion of e-commerce workflow with nosql dbms: Mongodb document store. *In 2016 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICCIC)*, pages 1–5.

Swaminathan, S. N. and Elmasri, R. (2016). Quantitative analysis of scalable nosql databases. *In 2016 IEEE International Congress on Big Data (BigData Congress)*, pages 323–326. IEEE.

Waage, T. and Wiese, L. (2014). Benchmarking encrypted data storage in hbase and cassandra with ycsb. *In International Symposium on Foundations and Practice of Security*, pages 311–325. Springer.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 31/10/2019
Aceitação/Acceptance: 26/12/2019

Análisis de conglomerados para identificar grupos de pacientes diabéticos en base a síntomas

Ruth Reátegui[1], Edgar Daza[1], Ronald Campozano[2]

rmreategui@utpl.edu.ec, eidaza@utpl.edu.ec, ronaldcampozano@fmdj.org

[1] Universidad Técnica Particular de Loja, San Cayetano Alto, 1101608, Loja, Ecuador.

[2] Fundación Mariana de Jesús, Fortín, km. 25 Vía Perimetral, Guayaquil, Ecuador.

Pages: 384–394

Resumen: Actualmente los profesionales de la salud hacen uso de sistemas informáticos para el registro de información de pacientes. Esta información puede tener dos formatos: estructurado, por ejemplo, códigos médicos para identificar diagnósticos; no estructurado, por ejemplo, campos de texto donde se puede escribir mayor detalle de la salud los pacientes. Por otra parte, técnicas de aprendizaje de máquina, como el análisis de conglomerados, permiten identificar grupos de objetos que comparten características similares. El presente trabajo ha tomado información de pacientes diabéticos para realizar un análisis de conglomerados. Se extrajo los síntomas existentes en campos de texto de un sistema informático médico de una institución de salud del Ecuador. Se aplicó el algoritmo DBSCAN en dos niveles para encontrar grupos de pacientes diabéticos basándose en dichos síntomas. Con ayuda de dos médicos se catalogó a los grupos de pacientes como pertenecientes a tres fases: en tratamiento, control y diagnóstico.

Palabras-clave: aprendizaje automático; análisis de conglomerados; diabetes; DBSCAN; LSA

Cluster analysis to identify groups of diabetic patients based on symptoms

Abstract: Currently, health professionals use computer systems to save patient information. This information can have two formats: structured, for example, medical codes to identify diagnoses; unstructured, for example, a text field to write more detail of the patients' health. On the other hand, machine learning techniques, such as cluster analysis, identifying groups of objects with similar characteristics. The present work, has taken information from diabetic patients to perform a cluster analysis. Symptoms were extracted from text boxs of a medical computer system of a health institution in Ecuador. DBSCAN algorithm was applied at two levels to find specific groups of diabetic patients based on these symptoms. With the help of two physicians, the patient groups were classified as belonging to three phases: in treatment, control and diagnosis.

Keywords*:* machine learning; cluster analysis; diabetes; DBSCAN; LSA.

1. Introducción

Actualmente las instituciones del área de la salud hacen uso de una variedad de sistemas informáticos que guardan información referente a los pacientes. Profesionales de la salud registran en dichos sistemas datos como diagnósticos de enfermedades, síntomas, resultados de laboratorios, imágenes, etc. Estos sistemas además de documentar la información médica permiten evaluar el rendimiento o gestión de la salud, realizar una vigilancia de la salud, apoyar a la toma de decisiones clínicas mediante la examinación de las condiciones del paciente, involucrar a los pacientes a través de un mejor acceso a sus datos (Adler-Milstein et al., 2017; Dornan et al., 2019).

Por otro lado, técnicas de aprendizaje de máquina permiten automáticamente identificar patrones e incluso hacer predicciones en base a una gran cantidad de datos que podrían ser extraídos desde los sistemas informáticos utilizados en el área de la salud. El análisis de conglomerados o agrupamiento es una técnica que permite explorar un conjunto de objetos para determinar si existen grupos que puedan ser significativamente representado por ciertas características, de esta forma, objetos del mismo grupo son muy similares entre sí y diferentes a los objetos en otros grupos (Everitt, Landau, Leese, & Stahl, 2011).

El análisis de conglomerados ha sido utilizado ampliamente dentro del área de la salud. Algunos estudios han permitido identificar relaciones entre enfermedades (LaGrotte et al., 2016; Bukhanov et al., 2017), identificar características similares en pacientes que padecen una enfermedad específica (Reátegui, Ratté, Bautista-Valarezo, & Duque, 2019), encontrar rutas de examinación que llevan los pacientes diabéticos (Antonelli et al., 2013), identificar los eventos de amenaza de enfermedades infecciosas (Semenza et al., 2016), descubrir los principales factores de riesgo de problemas cardiacos en pacientes jóvenes con la enfermedad isquémica del corazón (Sistani et al., 2019) entre otras.

La diabetes es una enfermedad crónica que afecta a más de 400 millones de personas en todo el mundo. En Ecuador, prediabetes y diabetes son prevalentes en adultos mayores y el incremento de la prevalencia está asociado particularmente a la obesidad (Orces & Lorenzo, 2018). En el 2016 la diabetes en Ecuador se convirtió en la segunda causa de muerte después de las enfermedades isquémicas del corazón (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2017). Debido a la gran cantidad de personas afectadas por este desorden, investigaciones relacionadas a esta enfermedad son de relevancia nacional e internacional.

Por lo antes mencionado y considerando la información almacenada en un sistema informático de una institución de salud del Ecuador, la presente investigación pretende realizar un análisis de conglomerados para identificar grupos de pacientes diabéticos en base a los síntomas que ellos presentan.

El presente trabajo está estructurado de la siguiente manera: en la sección dos se describe trabajos relacionados, la sección tres detalla los datos utilizados, el método de reducción de variables y el análisis de conglomerados como parte de la metodología, luego en la sección cuatro se detallan los resultados obtenidos en los dos experimentos realizados, finalmente en la sección cinco las conclusiones.

2. Trabajos Relacionados

Como se mencionó en la introducción, en el área de la salud el análisis de conglomerados ha sido utilizado ampliamente. Referente a la identificación de las características comunes que pueden tener un grupo de pacientes (fenotipos), algunos de los trabajos han obtenido información a través de cuestionarios, exámenes o muestras extraídas directamente de los pacientes. Por ejemplo, en (Bourdin et al., 2014) identificaron grupos de pacientes asmáticos utilizando el método Ward para algoritmos jerárquicos. Trabajaron con información recolectada de pacientes con asma severa. También en (Chen et al., 2014) utilizaron el mismo algoritmo para identificar grupos de pacientes con la enfermedad de obstrucción pulmonar utilizando información recolectada de 355 hombres. Además en (Laing et al., 2015) analizaron grupos de pacientes con obesidad y arteriosclerosis utilizando métodos estadísticos en información obtenida directamente de pacientes. La artrosis de rodilla fue analizada por (van der Esch et al., 2015) quienes utilizaron el algoritmo K-means basados en la información proveniente de la cohorte Amsterdam OA (AMS-OA).

A nuestra investigación le interesa explorar la información almacenada en sistemas informáticos médicos. Estudios basados en información proveniente de sistemas informáticos es relativamente económico porque los datos se generan como resultado de la atención médica previa, estos sistemas tienen información sobre una variedad de enfermedades y la información mejora a medida que el registro del mismo paciente crece (Simmons, Singhal, & Lu, 2016).

Algunas de las investigaciones que han realizado análisis de conglomerados basándose en información extraída desde sistemas fueron realizadas por (Vavougios, Natsios, Pastaka, Zarogiannis, & Gourgoulianis, 2016) quienes analizaron pacientes que sufren del síndrome de apnea. Estos autores utilizaron el algoritmo two-step sobre información obtenida de una base de datos. La misma enfermedad fue analizada por (Joosten et al., 2012) quienes aplicaron K-means en los datos recolectados de un sistema hospitalario. En el trabajo reciente de (Pikoula et al., 2019) identificaron grupos de pacientes que padecen la enfermedad pulmonar obstructiva crónica utilizando algoritmos jerárquicos y K-means sobre información obtenida de un sistema informático médico en Inglaterra. También en (Antonelli et al., 2013) identificaron grupos de rutas de examinación que llevan los pacientes diabéticos considerando códigos ICD9-CM y el algoritmo DBSCAN.

El presente trabajo aplicó el algoritmo DBSCAN considerando las ventajas descritas en la sección 3.3.

3. Metodología

3.1. Datos

La presente investigación se basó en información extraída de un sistema informático de una institución de salud del Ecuador. De dicho sistema se exportó principalmente la información de cada uno de los pacientes almacena principalmente en dos campos de texto: diagnóstico y síntomas (La tabla 1 se muestra algunos ejemplos). Se procedió a realizar la búsqueda de los pacientes que tienen como diagnóstico diabetes y además

extraer los términos médicos (síntomas) registrados en el campo “síntomas”. Se obtuvo un conjunto de 285 pacientes diabéticos y 209 variables o términos.

DIAGNÓSTICOS	SÍNTOMAS
DIABETES, NEURITIS PERIFERICA	Paciente con diabetes, dolor en piernas , pantorrillas , incones, en las extremidades inferiores, dolor en piernas, pantorrillas , incones, en las extremidades inferiores, DOLOR TESTICULAR DESDE HACE TRES DIAS
GONARTROSIS DERECHA + DIABETES	DOLOR EN REGION LUMBAR, RODILLAS Y TALONES
DIABETES II	Paciente diabetica con dolor en hemicraneo der, sensacion e piernas aguadas, Paciente con edema de tobillos
COLITIS DIABETES , SINDROME VERTIGINOSO,DISLIPIDEMIA.. PIELONEFRITIS, DIABETES II IVU,ARTRALGIAS	paciente con mareos y entumecimiento de piernas . DOLOR MARCO COLICO Y BAJO VIENTRE MALESTAR GENERAL Y dolor EN REGIÓN lumbar TRAUMA EN BRAZO IZQUIERDO Y ABDOMEN ...

Tabla 1 – Ejemplo de los campos diagnóstico y síntomas extraídos del sistema informático previo a la limpieza

Con la ayuda de tres médicos que laboran en la institución se revisó los 209 términos, se eliminaron aquellos que nos eran síntomas. Este proceso dio como resultado una matriz de 107 pacientes diabéticos y 59 síntomas. También se debe mencionar que se consideraron los síntomas que al menos estén presenten en tres pacientes.

Finalmente se creó una matriz paciente-síntoma en el cual una celda toma el valor de 1 si el paciente registra el síntoma y 0 en caso contrario.

3.2. LSA

Luego de obtener la matriz con 107 pacientes y 59 síntomas, se utilizó el análisis semántico latente (LSA, sigla en inglés) (Landauer, Foltz, & Laham, 1998) para hacer una reducción de las variables (síntomas). LSA utiliza descomposición de valores singulares para identificar el significado subyacente de términos en un corpus de texto (Miner et al., 2012).

Para la reducción de los 59 síntomas se trabajó con la librería LSA en el entorno de programación R Studio[1]. Este proceso generó una matriz de 107 pacientes y 16 variables LSA. La tabla 2 muestra las 5 primeras variables LSA para 10 pacientes.

	VARIABLES LSA				
Paciente	**V1**	**V2**	**V3**	**V4**	**V5**
1	-0,14909	-0,11199	0,14836	0,06746	-0,05825
2	-0,14298	0,00239	0,20591	0,18186	-0,18320
3	-0,11516	-0,09898	0,11218	-0,08118	-0,07197
4	-0,07809	-0,07688	0,07161	-0,14010	0,04409

[1] https://rstudio.com/

	VARIABLES LSA				
Paciente	**V1**	**V2**	**V3**	**V4**	**V5**
5	-0,08060	-0,09263	0,05946	-0,04854	0,01904
6	-0,09569	-0,03544	0,16421	-0,02046	-0,16909
7	-0,07355	-0,08383	0,06469	-0,10754	0,05987
8	-0,06878	-0,09251	0,08247	-0,10992	-0,00697
9	-0,07320	-0,07761	0,06137	-0,03500	-0,00390
10	-0,06499	-0,07118	0,08062	0,00013	-0,04605

Tabla 2 – Ejemplo de las cinco variables LSA obtenidas a partir de los 59 síntomas

Las variables LSA se utilizaron para el análisis de conglomerados. Se desarrolló dos experimentos uno con 2 variables y el otro con 5 variables LSA.

3.3. Análisis de conglomerados

Para identificar grupos de pacientes con características similares (síntomas) se utilizó el algoritmo DBSCAN (Ester, Kriegel, Sander, & Xu, 1996). Este algoritmo de agrupamiento se basa en la densidad, no le afecta el ruido, identifica grupos que pueden tener forma arbitraria y además genera particiones de objetos identificando de forma automática el número de grupos. Según (Antonelli et al., 2013) los algoritmos basados en densidad y en especial DBSAN poseen propiedades importantes para la agrupación de pacientes.

Se realizaron dos experimentos en los cuales se aplicó el algoritmo DBSCAN en dos niveles. En el primer nivel se utilizó DBSCAN en el total de los datos (107 pacientes) y se obtuvo como resultado tres grupos. En el segundo nivel se utilizó DBSCAN sobre el grupo cero resultado del primer nivel y se obtuvo tres grupos. La figura 1 muestra cómo se aplicó este algoritmo en los dos niveles En el grupo cero de cada nivel se agrupan los datos que el algoritmo reconoce como ruido. En el primer nivel, el grupo cero alberga la mayor cantidad de pacientes por tal razón se decidió nuevamente aplicar el análisis de conglomerados. Las tablas 3 y 4 muestran el detalle de los niveles y grupos obtenidos.

Finalmente, para evaluar los resultados se utilizó el coeficiente Silhouette (Rousseeuw, 1987). Este coeficiente varía entre -1 y 1, el valor 1 indica que los objetos del grupo están lejos de los objetos en otros grupos y un valor negativo indica que los objetos del grupo están erróneamente asignados al grupo (Han, Kamber & Pei, 2011). Los grupos cero anteriormente mencionados por lo general tendrán un valor Silhouette bajo o negativo.

Para el proceso de experimentación con DBSCAN y Silhouette también se trabajó con el lenguaje de programación R y específicamente con el entorno de desarrollo integrado R Studio.

Los resultados obtenidos fueron validados por dos médicos que confirmaron que los datos obtenidos en el proceso de la experimentación son coherentes con los casos reales de diabetes.

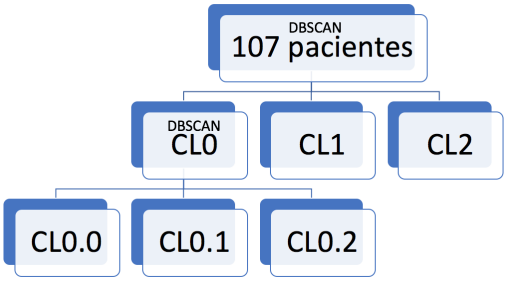


Figura 1 – Aplicación del algoritmo DBSCAN en dos niveles

4. Resultados

Se realizaron dos experimentos, el primero utilizó 5 variables LSA y el segundo dos variables LSA.

De acuerdo a la cantidad de síntomas presentes en los grupos de pacientes encontrados con el análisis de conglomerados, tres médicos de la institución de salud definieron las siguientes fases:

- Diagnóstico: Aquellos pacientes que presentaban 4 o más síntomas.
- Tratamiento: Cuando los pacientes tenían 2 o 3 síntomas.
- Controlado: Los pacientes que mostraban uno o cero síntomas.

4.1. Primer Experimento

Para el primer experimento se consideró las 5 primeras variables resultantes de aplicar LSA (ver figura 1). Los nombres de los grupos en este experimento inician con "E1". En el primer nivel se obtuvieron 3 grupos: E1CL0, E1CL1 y E1CL2. El segundo nivel se formó a partir de E1CL0 y se obtuvo los siguientes grupos: E1CL0.0, E1CL0.1 y E1CL0.2.

La Tabla 3 presenta los grupos obtenidos en cada nivel con sus respetivos números de pacientes, los 10 síntomas más relevantes (los más comunes) y el coeficiente Silhoutte obtenido en cada grupo.

Los grupos encontrados fueron revisados por los médicos quienes expresaron los siguientes comentarios: Los pacientes en E1C0 presentan algunos síntomas como dolor en pie y dolor en pierna por lo que podría ser un grupo en tratamiento. Los pacientes en E1CL1 presentan síntomas no característicos de la diabetes. Estos pacientes representan a personas que pueden estar bajo control médico. El grupo E1CL2 presenta síntomas como poliuria, pérdida de peso, mareo, polidipsia y sed lo cuales son típicos de la diabetes, este grupo lo catalogaron en la fase de diagnóstico de la enfermedad.

E1CL0.2 corresponde a pacientes que están en la fase de diagnóstico por presentar los síntomas: dolor en pie, dolor en pierna, mareo, cansancio, visión borrosa correspondientes a la diabetes. Los médicos determinaron que E1CL0.0 presenta sólo un síntoma: mareo;

y el grupo E1CL0.1 dos: cansancio y pérdida de peso. Por tanto, podrían representar a pacientes que se encuentran en la fase control y tratamiento respectivamente.

4.2. Segundo experimento

Para este experimento se consideró 2 variables LSA. Los nombres de los grupos en este experimento inician con "E2". En el primer nivel se obtuvieron 3 grupos: E2CL0, E2CL1 y E2CL2. El segundo nivel se formó a partir de E2CL0 y se obtuvo los siguientes grupos: E2CL0.0, E2CL0.1 y E2CL0.2. La Tabla 4 presenta los grupos obtenidos en cada nivel con sus respetivos números de pacientes, los 10 síntomas más relevantes y el coeficiente Silhoutte obtenido en cada grupo.

Primer experimento con 5 variables LSA			
Primer Nivel			
Grupos	E1CL0	E1CL1	E1CL2
Num. Pacientes	54	23	30
Silhouette	-0.24	0.48	0.40
Fase	Tratamiento	Control	Diagnóstico
Síntomas	Cefalea	Tos	Poliuria
	Tos	Fiebre	Pérdida de peso
	Fiebre	Diarrea	Mareo
	Mareo	Flema	Malestar
	Malestar	Vomito	Hipertensión arterial
	Dolor en pie	Gripe	Polidipsia
	Dolor en pierna	Nauseas	Fiebre
	Prurito	Adormecimiento	Diarrea
	Diarrea	Dolor en garganta	Cefalea
	Vomito	Dolor en hombro	Sed
Segundo Nivel			
Grupos	E1CL0.0	E1CL0.1	E1CL0.2
Num. Pacientes	33	11	10
Silhouette	-0.19	0.37	0.44
Fase	Control	Tratamiento	Diagnóstico
Síntomas	Tos	Cefalea	Dolor en pie
	Cefalea	Fiebre	Dolor en pierna
	Fiebre	Tos	Cefalea
	Malestar	Prurito	Tos
	Mareo	Cansancio	Mareo
	Prurito	Dolor corporal	Cansancio
	Leucorrea	Parestesia	Visión borrosa
	Vomito	Infección en vías urinarias	Dolor en pecho
	Diarrea	Pérdida de peso	Parestesia
	Estreñimiento	Malestar	Diarrea

Tabla 3 – Síntomas presentes en los grupos encontrados en el primer experimento

Los médicos dieron los siguientes comentarios: Los pacientes E2CL1 presentan el síntoma adormecimiento, característico de la diabetes. Este grupo representa a personas que pueden estar bajo control médico. El grupo E2CL2 presenta síntomas como poliuria, pérdida de peso, sed, polidipsia, polifagia, mareo los cuales son típicos de la diabetes, este grupo lo catalogaron como perteneciente a la fase de diagnóstico de la enfermedad. El grupo E2CL0 registró los síntomas mareo, dolor en pie, dolor en pierna; lo que indicaba que correspondía a la fase tratamiento.

Segundo experimento con 2 variables LSA			
Primer Nivel			
Grupos	E2CL0	E2CL1	E2CL2
Num. Pacientes	74	15	18
Silhouette	-0.38	0.74	0.75
Fase	Tratamiento	Control	Diagnóstico
Síntomas	Tos	Tos	Poliuria
	Cefalea	Diarrea	Pérdida de peso
	Fiebre	Gripe	Sed
	Mareo	Flema	Diarrea
	Malestar	Dolor en rodilla	Fiebre
	Dolor en pie	Adormecimiento	Mareo
	Dolor en pierna	Vomito	Malestar
	Diarrea	Dolor en garganta	Polidipsia
	Prurito	Estreñimiento	Polifagia
	Vomito	Flujo nasal	Tos
Segundo Nivel			
Grupos	E2CL0.0	E2CL0.1	E2CL0.2
Num. Pacientes	42	20	12
Silhouette	-0.33	0.57	0.66
Fase	Tratamiento	Control	Diagnóstico
Síntomas	Cefalea	Fiebre	Mareo
	Tos	Tos	Parestesia
	Dolor en pie	Cefalea	Hipertensión arterial
	Dolor en pierna	Malestar	Dolor en pie
	Mareo	Diarrea	Tos
	Malestar	Leucorrea	Malestar
	Fiebre	Nauseas	Prurito
	Vomito	Edema	Visión borrosa
	Diarrea	Flema	Dolor en pierna
	Prurito	Disuria	Pérdida de peso

Tabla 4 – Síntomas presentes en los grupos encontrados en el segundo experimento

E2CL0.2 corresponde a pacientes que están en la fase de diagnóstico por presentar los síntomas: mareo, parestesia, dolor en pie, visión borrosa, dolor en pierna propios de la diabetes. Los médicos determinaron que E2CL0.0 presenta los síntomas: dolor en pie, dolor en pierna, mareo; y el grupo E2CL0.1 no listaba sintomatología referente a la diabetes. Por tanto, podrían representar a pacientes que se encuentran en la fase tratamiento y control respectivamente.

Al consolidar la información obtenida de los experimentos uno y dos, se obtuvo que los primeros diez síntomas correspondían a los síntomas que los médicos habían seleccionado como típicos de la enfermedad de la diabetes.

El director del centro médico realizó el siguiente comentario: "si algún paciente que no tuviera confirmado el diagnóstico de diabetes y el mismo registraba cuatro o más de estos síntomas, era necesario aplicar la prueba de laboratorio ya que se convertía en un posible paciente a ser tratado por padecimiento de diabetes".

5. Conclusiones

La información médica extraída desde un sistema informático ha permitido realizar un análisis de grupos de pacientes diabéticos. Este proceso podría ser replicado para el estudio de otras enfermedades. De esta forma se puede colaborar con una nueva visión referente al cuidado y gestión médica de pacientes diabéticos y en especial a los casos identificados emergentes. Con técnicas de agrupamiento se catalogó a pacientes diabéticos en tres fases denominadas por médicos como: grupos en tratamiento, control y diagnóstico.

La aplicación del algoritmo BDSCAN por niveles ha permitido identificar nuevos subgrupos de pacientes a partir de un grupo mayor que Silhouette lo valoraba como un conjunto de objetos "erróneamente asignados al grupo". Esto significa que a pesar que Silhouette otorgue un valor negativo, hay la posibilidad que dentro de este grupo mayor exista subgrupos cuyos objetos compartan características comunes o en nuestro caso pacientes con síntomas similares.

Hay que recalcar que DBSCAN trabaja con un parámetro de densidad que permite encontrar los grupos. En el grupo cero por tanto estarán los objetos que no cumplen con dicho parámetro. Por tanto, al aplicar DBSCAN sobre el grupo cero con otro valor para la densidad es posible encontrar nuevos grupos de objetos, en nuestro caso pacientes.

En este trabajo el proceso de extracción de los síntomas desde los campos de texto se lo realizo manualmente, por tanto, para trabajos futuros se desea aplicar minería de texto para la extracción automática de los términos médicos que se encuentren en un formato narrativo. Igualmente se tiene previsto incrementar las variables a analizar con exámenes de laboratorio e información demográfica.

Referencias

Adler-Milstein, J., Holmgren, A.J., Kralovec, P. Worzala, C., Searcy, T., Patel, V., (2017). Electronic health record adoption in US hospitals: the emergence of a digital "advanced use" divide, *Journal of the American Medical Informatics Association*, *24*(6), 1142–1148, https://doi.org/10.1093/jamia/ocx080

Antonelli, D., Baralis, E., Bruno, G., Cerquitelli, T., Chiusano, S., & Mahoto, N. (2013). Analysis of diabetic patients through their examination history. *Expert Systems with Applications, 40*(11), 4672-4678. doi:DOI 10.1016/j.eswa.2013.02.006

Bukhanov, N., Balakhontceva, M., Krikunov, A., Sabirov, A., Semakova, A., Zvartau, N., & Konradi, A. (2017). Clustering of comorbidities based on conditional probabilities of diseases in hypertensive patients. *Procedia Computer Science, 108, 2478-2487. doi:https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.05.073*

Bourdin, A., Molinari, N., Vachier, I., Varrin, M., Marin, G., Gamez, A.-S., . . . Chanez, P. (2014). Prognostic value of cluster analysis of severe asthma phenotypes. *Journal of Allergy and Clinical Immunology, 134*(5), 1043-1050. doi:10.1016/j.jaci.2014.04.038

Chen, C.-Z., Wang, L.-Y., Ou, C.-Y., Lee, C.-H., Lin, C.-C., & Hsiue, T.-R. (2014). Using Cluster Analysis to Identify Phenotypes and Validation of Mortality in Men with COPD. *Lung, 192*(6), 889-896. doi:10.1007/s00408-014-9646-x

Dornan, L., Pinyopornpanish, K., Jiraporncharoen, W., Hashmi, A., Dejkriengkraikul, N., & Angkurawaranon, C. (2019). Utilisation of Electronic Health Records for Public Health in Asia: A Review of Success Factors and Potential Challenges, *Biomed Research International, 2019*(7341841), doi: 10.1155/2019/7341841

Everitt, B. S., Landau, S., Leese, M., & Stahl, D. (2011). Cluster Analysis: Wiley Publishing.

Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2011). *Data Mining: Concepts and Techniques* (Third Edition ed.): Morgan Kaufmann Publishers Inc.

Instituto Nacional de Estadística y Censos (2017). Diabetes. Recuperado de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/diabetes-segunda-causa-de-muerte-despues-de-las-enfermedades-isquemicas-del-corazon/ fecha ingreso : 30 de octubre del 2019

Joosten, S. A., Hamza, K., Sands, S., Turton, A., Berger, P., & Hamilton, G. (2012). Phenotypes of patients with mild to moderate obstructive sleep apnoea as confirmed by cluster analysis. *Respirology, 17*(1), 99-107. doi:10.1111/j.1440-1843.2011.02037.x

Laing, S. T., Smulevitz, B., Vatcheva, K. P., Rahbar, M. H., Reininger, B., McPherson, D. D., . . . Fisher-Hoch, S. P. (2015). Subclinical atherosclerosis and obesity phenotypes among Mexican Americans. *J Am Heart Assoc, 4*(3), e001540. doi:10.1161/jaha.114.001540

Landauer, T., Foltz, P.W.; Laham, D. (1998). Introduction to Latent Semantic Analysis. *Discourse Processes*. 25 (2–3): 259–284. CiteSeerX 10.1.1.125.109. doi:10.1080/01638539809545028

LaGrotte, C., Fernandez-Mendoza, J., Calhoun, S. L., Liao, D., Bixler, E. O., & Vgontzas, A. N. (2016). The relative association of obstructive sleep apnea, obesity, and excessive daytime sleepiness with incident depression: A longitudinal, population-based study. *Int J Obes*, 1-8. doi:10.1038/ijo.2016.87

Ester, M., Kriegel, H.-P., Sander, J., and Xu, X. (1996). A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. Proc. 2nd Int. Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining. Portland, OR, pp. 226–231.

Miner, G., Delen, D., Elder, J., Fast, A., Hill, T., & Nisbet, R. A. (2012). *Practical Text Mining and Statistical Analysis for Non-structured Text Data Applications*: Elsevier Inc.

Orces, CH., Lorenzo, C., (2018) Prevalence of prediabetes and diabetes among older adults in Ecuador: Analysis of the SABE survey. *DIABETES & METABOLIC SYNDROME-CLINICAL RESEARCH & REVIEWS 12*(2) 147-153.

Pikoula, M., Quint, J.K., Nissen, F., Hemingway, H., Smeeth, L., Denaxas, S., (2019). Identifying clinically important COPD sub-types using data-driven approaches in primary care population based electronic health records, *BMC Medical Informatics and Decision Making, 86*(19), doi: 10.1186/s12911-019-0805-0

Reátegui, R., Ratté, S., Bautista-Valarezo, E., & Duque, V. (2019). Cluster Analysis of Obesity Disease Based on Comorbidities Extracted from Clinical Notes. *Journal of Medical Systems, 43*(3), 52. doi:10.1007/s10916-019-1172-1

Rousseeuw, P. (1987). Silhouettes: a Graphical Aid to the Interpretation and Validation of Cluster Analysis. Computational and Applied Mathematics. 20: 53–65. doi:10.1016/0377-0427(87)90125-7.

Simmons, M., Singhal, A., & Lu, Z. (2016). Text Mining for Precision Medicine: Bringing Structure to EHRs and Biomedical Literature to Understand Genes and Health. *Advances in experimental medicine and biology, 939*, 139-166.

Sistani, S., Norouzi, S., Hassibian, M. R., Tara, M., Tabesh, H., Hasibian, S., Dastani, M. (2019). The Discovery of Major Heart Risk Factors among Young Patients with Ischemic Heart Disease Using K-Means Techniques, *International Cardiovascular Research Journal, 13*(3).

Semenza, J. C., Lindgren, E., Balkanyi, L., Espinosa, L., Almqvist, M. S., Penttinen, P., & Rocklöv, J. (2016). Determinants and Drivers of Infectious Disease Threat Events in Europe. Emerging infectious diseases, 22(4), 581–589. doi:10.3201/eid2204

van der Esch, M., Knoop, J., van der Leeden, M., Roorda, L. D., Lems, W. F., Knol, D. L., & Dekker, J. (2015). Clinical phenotypes in patients with knee osteoarthritis: a study in the Amsterdam osteoarthritis cohort. *Osteoarthritis and Cartilage, 23*(4), 544-549. doi:10.1016/j.joca.2015.01.006

Vavougios, G. D., Natsios, G., Pastaka, C., Zarogiannis, S. G., & Gourgoulianis, K. I. (2016). Phenotypes of comorbidity in OSAS patients: combining categorical principal component analysis with cluster analysis. *Journal of Sleep Research, 25*(1), 31-38. doi:10.1111/jsr.12344

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 16/09/2019
Aceitação/Acceptance: 05/11/2019

Estudo sobre o Impacto da Sabedoria Coletiva no Desempenho de Projetos de Desenvolvimento de Software

Priscilla de Araújo Farias, Carlos Roberto Gonçalves Selva, Eduardo Mariath Varela da Costa, Ari Melo Mariano, Simone Borges, João Carlos Felix

priscillafarias.eng@gmail.com, carlos.selva@gmail.com, eduardomariath80@gmail.com, arimariano@unb.br, simoneborges@unb.br, joca@unb.br.

Universidade de Brasília - UnB, Brasília, Brasil

Pages: 395–408

Resumo: O gerenciamento de um projeto de desenvolvimento de software requer o atendimento de diversos requisitos técnicos, no entanto, existem exigências relativas, também, à capacidade de gestão do conhecimento entre os integrantes da equipe. O objetivo desta pesquisa foi identificar a relação entre a sabedoria coletiva e *performance* de um projeto de desenvolvimento de software, segundo a percepção de gerentes brasileiros. Foi realizado um estudo do tipo exploratório de abordagem quantitativa via equações estuturais. Foram coletadas 100 respostas de gerentes de projetos de software brasileiro. Os resultados identificam uma relação entre sabedoria coletiva e sucesso do projeto em 18,1%, sugerindo a importância de observar esta variável no momento de compor uma equipe para projetos. Adicionalmente encontrou-se que a virtude e os mecanismos potencializam a sabedoria coletiva.

Palavras-chave: Sabedoria Coletiva; Projetos de Desenvolvimento de Software; Brasil; Equações Estruturais, PLS-SEM.

Study of the impact of Team Wisdom on Software Development Projects Performance

Abstract: Managing a software development project requires meeting a variety of technical requirements, but there are also requirements regarding the ability to manage knowledge among team members. The objective of this research was to identify the relationship between the collective wisdom and performance of a software development project, according to the perception of Brazilian managers. An exploratory study with a quantitative approach via structural equations was performed. We collected 100 responses from Brazilian software project managers. The results identify a relationship between collective wisdom and project success in 18.1%, suggesting the importance of observing this variable when composing a project team. In addition, it was found that virtue and mechanisms enhance collective wisdom.

Keywords*:* Collective wisdom; Software Development Projects; Brazil; Structural Equations, PLS-SEM.

1. Introdução

A realidade e as necessidades dos projetos sofreram alterações ao longo do tempo, exigindo uma avaliação crítica das práticas e conhecimentos (Ribeiro, Pedron, Ruas & Chaves, 2018)

Oliveira, Cruz e Oliveira (2018), explicam que a adoção da gestão por projetos é uma constante nas organizações e que a percepção dos efeitos positivos sobre a lucratividade tem levado as empresas a adotarem unidades especializadas ou departamentos de projetos, dentro das empresas.

Porém estas equipes envolvidas na atividade de projetos devem atender a exigências, como o envolvimento de indivíduos de diferentes departamentos, da área técnica e de negócio, com diferentes competências, conhecimento e especialização (Ghobadi, 2015; Vasconcelos et al., 2017).

As competências necessárias à equipe de gerenciamento de projetos referem-se a uma coleção de conhecimentos, atitudes pessoais, habilidades e experiências relevantes podem contribuir para o sucesso do projeto (ICB-IPMA, 2006).

A capacidade da equipe de gerir essas competências e utilizá-las adequadamente dentro do processo de tomada de decisão é denominada "sabedoria coletiva", sendo considerada um fator relevante ao se analisar a *performance* de um projeto e, consequentemente, o sucesso dos resultados gerais obtidos pela organização (Dalal & Pauleen, 2019; Akgün, Keskin, & Kircovali, 2019).

O sucesso de um projeto pode ser medido na capacidade de atender aos objetivos operacionais e das partes interessadas, ao considerar fatores de escopo, tempo, qualidade e custo.

Akgün (2020) explica que a gestão do sucesso de projeto recai sob um complexo processo do conhecimento, que não se limita apenas ao ativo de conhecimento existente, mas também as habilidades coletivas da equipe, o que o autor chama de sabedoria coletiva. Assim, compreender o nível da sabedoria coletiva existente em uma organização é importante no intuito de poder compor a melhor equipe para o desenvolvimento de projetos.

Deste modo, este estudo busca responder: Qual a importância da sabedoria coletiva no desempenho de projetos?

Responder esta pergunta elucida possíveis indicadores no momento de compor uma equipe de projetos, colaborando com a escolha dos membros de maneira mais assertiva, evitando baixas durante o projeto, evitando assim possíveis atrasos. Para responder a esta pergunta foi utilizado o modelo de Akgün (2020), aplicado anteriormente na Turquia, no âmbito de projetos de software.

Portanto, o objetivo desta pesquisa é identificar a relação entre a sabedoria coletiva e *performance* de um projeto de desenvolvimento de software, segundo a percepção de gerentes brasileiros. Foi escolhido projetos de software para poder ter uma comparação mais assertiva com os resultados da Turquia.

As demais seções deste trabalho estão organizadas da seguinte forma: a seção 2 descreve a revisão da literatura sobre gerenciamento de projetos e equações estruturais; a seção 3

apresenta o modelo adotado na pesquisa; a seção 4 corresponde ao método da pesquisa; a seção 5 descreve a análise dos resultados; e a seção 6 refere-se às conclusões alcançadas e às propostas para trabalhos futuros.

2. Revisão da Literatura

A fundamentação teórica deste estudo foi estabelecida por meio de uma revisão da literatura realizada pela avaliação de diversos trabalhos científicos relevantes disponíveis nas bases de dados *Web of Science, Scopus* e *Scielo*, aplicando-se uma abordagem adaptada da Teoria do Enfoque Meta Analítico Consolidado – TEMAC, de Mariano e Rocha (2017), com as palavras-chave *Project Management*, *People Management, Knowledge Management* e *Structural Equations*.

2.1. Gerenciamento de Projetos

As diversas organizações, com o objetivo de obter benefícios competitivos e atender aos requisitos dos clientes, buscam aplicar metodologias e processos de gerenciamento de projetos para distribuir tarefas de maneira consciente, controladas pelos custos e com melhor uso dos recursos humano. Nesse contexto, o trabalho de Fischer (2011) propõe que os gerentes de projetos devem explorar competências de liderança para melhorar os resultados dos projetos. O autor identificou: compreensão; liderança; influencia; comportamento autêntico; gestão de conflitos e consciencia cultural como as 6 habilidades e comportamentos que são considerados importantes na gestão de pessoas, por parte do gerente, e que podem contribuir significativamente para o sucesso de um projeto.

Silva et al. (2012), acreditam que a formação de uma equipe de projeto de desenvolvimento de software deve ser estabelecida aplicando-se critérios bem definidos. Assim, os autores propõem-se a identificar, por meio de entrevistas com gerentes de projetos, os critérios considerados importantes para a seleção de integrantes para equipe e, também, a estabelecer uma relação entre os critérios utilizados e o sucesso do projeto. Os resultados indicam uma correlação entre essa duas variáveis, principalmente, para critério relacionados a fatores humanos, como comportamento e personalidade.

Doloi, Iyer e Sawhney (2011), abordam a importância de selecionar adequadamente o fornecedor de insumos e serviços para os projetos. O estudo busca identificar atributos aplicados na seleção de fornecedores e estabelecer uma relação deles com o desempenho do projeto. Para isso, utilizando-se equações estruturais, 29 atributos técnicos e 5 fatores confirmatórios foram modelados, com dados coletados em um projeto de construção na Austrália. Os resultados indicam que o adequado planejamento técnico e a experiência do fornecedor contribuem potencialmente para o sucesso do projeto. Dessa forma, pode-se aprimorar os procedimentos para a seleção de fornecedores.

O estudo de Chipulo et al. (2014) teve como objetivo verificar o impacto cultural na importância que os indivíduos atribuem aos fatores que interferem no sucesso de um projeto. Para isso, foram realizadas 1313 entrevistas com profissionais de 8 países, sobre 40 temas relacionados e as respostas modeladas por meio de equações estruturais. O resultado apresenta uma baixa consistência entre as respostas de grupos diferentes, indicando que a opinião depende do gênero, da ideia e da cultura dos indivíduos.

Percebe-se, portanto, que há uma tendência nas pesquisas acadêmicas de abordar temas relacionados à identificação dos fatores que interferem no sucesso de um projeto. Observa-se, também, que trabalhos relevantes indicam a importância dos recursos humanos envolvidos e de suas habilidades e competências. Para isso, diferentes abordagens e técnicas são utilizadas, entre elas, a coleta de dados por meio de pesquisas e entrevistas com especialistas e a modelagem correspondente aplicando-se equações estruturais.

O estudo de Tippins e Sohi (2003), por exemplo, aplica uma modelagem de equações estruturais com dados coletados de gerentes de 271 empresas de manufatura e mostram que o aprendizado organizacional desempenha um papel significativo na mediação dos efeitos da competencia de TI no desempenho da empresa. O estudo aborda também que várias organizações desenvolveram estratégias que incluem investimento alto em TI para melhorar sua *performance*. Entretanto, esse investimento vale para algumas empresas, mas não atende a totalidade.

Com o objetivo de melhoria de *performance* e aplicação de estratégias de inovação e no desempenho corporativo, visando esclarecer as consequências de gestão do conhecimento. O trabalho de Lopes-Nicolas e Merono-Cerdan (2011) identificou que as organizações não estão cientes das implicações reais que a gestão do conhecimento pode ter, com base em estudo empírico formado por 310 organizações espanholas e aplicando a modelagem de equações estruturais, os resultados mostram que as estrategias (codificação e personalização) de Gestão do Conhecimento impactam na inovação e no desempenho orgaizacional direta e indiretamente.

Por sua vez, o compartilhamento de conhecimento e a aprendizagem entre empresas pode constituir uma estratégia eficaz em busca de melhoria de desempenho no atual ambiente de negócios. O estudo de Hernandez-Espallardo et al. (2010) retrata uma análise da eficácia de diferentes mecanismos de governança na promoção da transferencia de conhecimento, onde um modelo é apresentado e testado usando modelagem de equações estruturais. Os dados obtidos foram coletados de 219 fabricantes colombianos. Os resultados do estudo sugerem que a competitividade da cadeia de suprimentos está na governança adequada das relações interfirmas, ou seja, usando confiança, reféns e controle comportamental para apoiar a troca de conhecimento. Concluindo que o compartilhamento e a aprendizagem influenciam positivamente o desempenho das organizações.

Por outro lado, a relação de processos e estratégias pode ser aplicadas internamente na organização. Com o objetivo de estudar a relação entre adaptabilidade organizacional, liderança institucional e desempenho de reengenharia de processos de negocios, Nkurunziza et al. (2019) realiza uma correlação transversal e adota dados de nível institucional, coletados por meio de questionários de instituições de microfinanças reestruturadas em Uganda. Os resultados revelam um modelo preditivo de 61% baseado em modelagem de equações estruturais para as variáveis do estudo.

Assim, percebe-se a tendência em se adotar à modelagem por equações estruturais para avaliar a relação entre a maturidade do processo de gestão de conhecimento e os resultados por uma organização.

3. Modelo de Pesquisa

Neste artigo, a sabedoria coletiva de projeto consiste na relação entre o conhecimento dos seus integrantes e a capacidade que eles possuem de utilizá-lo durante o processo de tomada de decisão.

O modelo conceitual proposto para explicar essa relação baseia-se no trabalho de Akgun (2020) e considera a forma como o conhecimento é adquirido, os componentes da sabedoria, as ações relacionadas ao julgamento coletivo e os resultados obtidos do projeto, conforme apresentado na Figura 1.

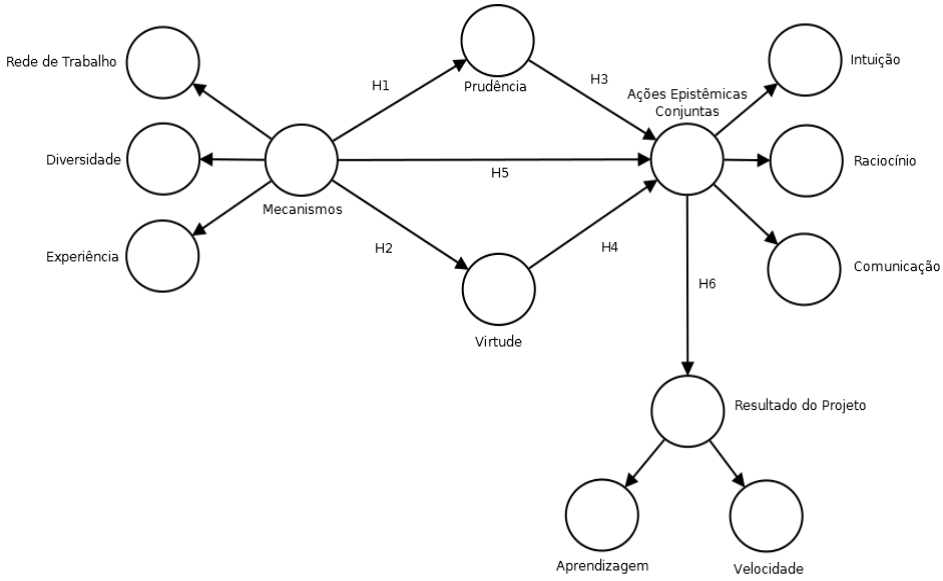


Figura 1 – Modelo Conceitual
Fonte: Elaboração Própria.

O modelo conceitual apresenta os constructos "Mecanismos", "Ações Epistêmicas Conjuntas" e "Resultados do Projeto" como formativos de 2ª ordem e os constructos "Virtude" e "Prudência" são explicativos de 1ª ordem. Além disso, os dados foram relativamente distribuídos normalmente e a ênfase foi testar a teoria de componentes pró-ativas e responsivas em constructos de segunda ordem (Hair et al., 2014).

Os constructos estabelecidos correspondem as seguintes variáveis:

- Mecanismos de sabedoria (mecanismos): refere-se a forma como a equipe adquire o conhecimento, Divide-se em experiência anterior, diversidade (multidisciplinaridade) e rede de trabalho (propagação do conhecimento);
- Ações Epistêmicas Conjuntas (sabedoria coletiva): relaciona-se com a aplicação do conhecimento. Fundamenta-se na intuição e na capacidade de raciocínio e de comunicação da equipe;

- Virtude: baseia-se nos aspectos éticos das relações entre os membros da equipe;
- Prudência: consiste na capacidade e no equilíbrio da equipe durante a avaliação crítica de aspectos relacionados ao projeto; e
- Resultados do Projeto: refere-se aos atributos que a equipe emprega na entrega dos produtos do projeto. Divide-se em aprendizagem (capacidade de descobrir e resolver problemas relacionados ao produto) e velocidade (habilidade de desenvolver e implementar um novo produto em tempo hábil).

A relação proposta para as variáveis definidas podem ser refletidas nas seguintes hipóteses:

H1. Os mecanismos da sabedoria relacionam-se positivamente com a prudência da equipe de projeto de desenvolvimento de software.

H2. Os mecanismos da sabedoria relacionam-se positivamente com a virtude da equipe de projeto de desenvolvimento de software.

H3. A prudência relaciona-se positivamente com as ações epistêmicas conjuntas das equipes de projeto de desenvolvimento de software.

H4. A virtude relaciona-se positivamente com as ações epistêmicas conjuntas das equipes de projeto de desenvolvimento de software.

H5. Os mecanismos da sabedoria relacionam-se positivamente com as ações epistêmicas que ocorrem nas equipes de projeto de desenvolvimento de software.

H6. As ações epistêmicas conjuntas relacionam-se positivamente com os resultados do projeto.

Deseja-se, portanto, compreender sob quais condições a sabedoria coletiva existe, como é constituída, como pode ser aplicada e qual a sua contribuição para os resultados de um projeto de desenvolvimento de software.

4. Método de pesquisa

A pesquisa é do tipo exploratória, com abordagem quantitativa por meio das equações estruturais via variância. A modelagem de equações estruturais (MEE) é dividida em fases, conforme defendido por Hair et al. (2009) e identificadas por Lamare (2002) e Silva (2006). Estas fases são: desenvolver um modelo teórico com a justificativa sobre as escolhas das variáveis com embasamento teórico; demonstrar, a partir da representação gráfica, o caminho dessas relações causais; converter o diagrama de caminho em modelo de mensuração (em que as variáveis latentes – dimensões – são regredidas em relação às variáveis mensuráveis – *measurement model*), resultando em construtos e o modelo estrutural (*structural model*) em que se aplica a técnica de regressão múltipla, ou seja, analisa-se a inter-relação entre variáveis latentes; e avaliar as estimativas do modelo e qualidade de ajuste. Se escolheu esta técnica por se tratar de uma técnica amplamete utilizada na literatura (ver referencial teórico) e similar ao modelo original de Akgün (2020).

O local do estudo foi a cidade de Brasília, capital do Brasil e o objeto do estudo foram os gerentes de projetos de desenvolvimento de software de diferente organizações públicas e privadas brasileiras. Inicialmente, foi apresentado o objetivo do estudo e identificamos os departamentos de desenvolvimento de software dos orgãos, que através dos seus gerentes de projetos responderam os questionários de forma voluntária. Os dados foram coletados pela plataforma *Google Forms*, disponibilizado através de links online por meio de e-mails e redes sociais, no período de 2 a 5 de julho de 2019.

Dos questionários respondidos, pelos gerentes de projetos de desenvolvimento de software, obteve-se um total válido de 100 respostas, esta amostra esta acima do valor necessário para o modelo proposto, de acordo com o calculo realizado através do software G*Power.

O instrumento de coleta de dados foi adptado de Akgün (2020), em 2 blocos, o primeiro contendo 47 perguntas relacionadas ao modelo proposto, divididas nas 10 dimensões que constituem os 5 constructos, conforme Anexo 1. O segundo bloco tinha como objetivo a obtenção de dados demográficos dos respondentes. Para as respostas, se utilizaram itens de escala de (Likert, 1932) de cinco pontos, em que 1 corresponde a "discordo totalmente" e 5 a "concordo totalmente". No entanto, para as questões relacionadas as dimensões "Diversidade" e "Rede de Trabalho" foi utilizada a variação da escala de 1 - "extremamente baixo" a 5 - "extremamente alto"

Usualmente para equações estruturais é indicado medir-se a amostra via tamanho do efeito (Hair, et al., 2017). O cálculo dor realziado com o efeito da força foi médio (0,15), a significância foi de 5% e o nível de poder estatístico foi 0,8. O modelo já otimizado para segunda ordem, conta com 5 variáveis independentes, sendo assim a amostrada mínima calculada foi de 92.

A verificação das hipóteses estabelecidas foi desenvolvida por meio da modelagem de equações estruturais aplicando-se o resultado da coleta de dados na ferramenta Smart PLS 3 (Ringle, Wende & Becker, 2019; Ringle, Silva & Bido, 2014), que permite a validação e análise do modelo proposto para a amostra correspondente.

5. Resultados e Análises

5.1. Validação do Modelo de Mensuração Formativo

A análise dos constructos de 2ª ordem deve ser realizada seguindo os procedimentos específicos. Existem três métodos para o cálculo de modelos de segunda ordem, aproximação em dois estágios, indicadores repetidos e abordagem híbrida. Nesta ocasião foi utilizada a abordagem de aproximação em duas fases.

Inicialmente se calcula primeiro os valores das variáveis com indicadores (primeira ordem) e com estas pontuações em um segundo estágio, convertendo-os em indicadores.

Após ajuste do modelo foram realizados os testes de confiabilidade e validade, segundo as premissas de Ramírez-Correa, et al. (2014), garantindo que o modelo é confiável e válido.

5.2. Valoração do Modelo Estrutural

Segundo Hair Jr et al. (2014), os testes de valoração do modelo estrutural têm o objetivo de verificar se os dados obtidos na pesquisa suportam o modelo teórico propostos para amostra utilizada. Para a valoração do modelo foram realizadas as análises de magnitude, significância e valoração do coeficiente de determinação.

Para o modelo em estudo, o bootstrapping foi aplicado para a geração de 5000 subamostras, com o nível de resultado completo, utilizando o método de intervalo de confiança baseado em percentis, em teste bicaudal com nível de significância (α) de 0,05 (5%). O resultados são apresentados na Tabela 1.

Hipóteses	Coeficiente estrutural	t-valor	p-valor	Resultado	R2
H1- ME→PR	0,409	3,976	0,000	Suportada	0,167
H2-ME→VI	0,200	1,901	0,057	Não Suportada	0,040
H3-PR→AC	0,101	1,289	0,197	Não Suportada	0,497
H4-VI→AC	0,495	6,188	0,000	Suportada	
H5 ME→AC	0,326	3,321	0,001	Suportada	
H6AC→RP	0,425	4,970	0,000	Suportada	0,181

ME. Mecanismos, **PR**. Prudência, **VI**. Virtude, **AC**. Ações epistêmica conjunta, **RP**. Resultado do Projeto.

Tabela 1 – Resultados do Testes de Significância e Relevância.
Fonte: Elaboração própria. Extraído do software SmartPLS.

A primeira análise da magnitude por meio do coeficiente do caminho, que representa o grau de influência de uma variável sobre a outra (β). Para que a relação entre as variáveis seja considerada aceitável, segundo Chin (1998), o valor de beta deve ser superior ou igual a 0,2, menor ou igual a -0,2. Os valores de β variam de -1 a 1. Pode-se observar que a variável Prudência não possui a Magnitude esperada, sendo, portanto, pouco influente no modelo.

Adicionalmente, é importante observar a significância destas relações. Nesse caso, a significância é estabelecida quando o valor p é inferior ou igual a 0,05. Os resultados dos testes de hipótese aplicando-se a estatística t, observados na Tabela 6, indicam um baixo grau de significância das hipóteses H2 e H3, de forma que, para a amostra avaliada, não há evidências que corroborem as relações.

As hipóteses H2, que sugere a existência de uma relação positiva entre a virtude da equipe e os mecanismos de sabedoria, e H3, que propõe uma relação entre a prudência da equipe e as ações epistêmicas conjuntas, apresentaram resultados não satisfatórios nos testes de significância, e coeficiente do caminho. Portanto, não há evidências que, para a amostra utilizada, essa hipóteses possam ser consideradas para explicar a relação entre a sabedoria coletiva e o sucesso do projeto de desenvolvimento de software.

Por outro lado, a hipótese H4 apresenta o maior grau de significância, indicando um forte evidência de relação. No mesmo caminho, H1 e H6 possuem valores significativos

para estatística t, indicando que exista evidências que corroborem as hipóteses em questão.

Finalmente, para compreender o quanto as variáveis independentes influenciam numa variável dependente é calculado o coeficiente de determinação (R^2). Os valores de R^2 estão compreendidos entre 0 e 1. Para Falk e Miller (1992), o modelo apresenta uma precisão significante para uma dada variável quando o coeficiente de determinação correspondente é superior a 0,10.

Observa-se que as relações estabelecidas influenciam a variável "Ações Epistêmicas" em 49,7% dos casos, correspondendo a uma relação moderada. A variável Mecanismo é explicada em 16,7% e a variável Resultado do projeto é explicada em 18,1%. A variável Virtude foi explicada em 4%, sendo considerado um valor insignificante estatisticamente no modelo.

Os testes de valoração do modelo indicam uma alta relevância da hipótese H4, que sugere a existência de uma relação positiva entre a virtude da equipe de projeto e as ações epistêmicas conjuntas. Esse resultado indica que valores éticos contribuem significativamente para que a equipe de projeto utilize adequadamente o conhecimento e as competências internas de seus membros para análise das informações e apoio ao processo de tomada de decisão relativas ao desenvolvimento do produto. Da mesma forma, os resultados obtidos também apontam uma significância moderada das demais hipóteses estabelecida, com maior relevância para H6 e H1.

Em H6 pode-se percebar a influência das ações epsitêmicas conjuntas no sucesso do projeto, refletindo que a sabedoria coletiva é um fator prepoderante no resultado final do projeto de software, respondendo a pergunta da pesquisa e garantindo essa associação positiva que deve ser levada em consideração.

Finalmente a H1, que explica a influência dos Mecanismos (forma de aquisição do conhecimento) e a Prudência (relacionado a capacidade e equilibrio no momento da avaliação do projeto). Portanto, segundo o modelo proposto e considerando a amostra obtida, há evidências de que a sabedoria coletiva tem impacto sobre a *performance* de um projeto de desenvolvimento de software em 18,1%, e que as variáveis mecanismos e virtude (H5 e H4) é possível melhorar a sabedoria coletiva, eu por sua vez impacta no resultado do projeto.

Importante ressaltar que os resultados obtidos com a amostra utilizadas diferem significativamente do trabalho de Akgun (2020), no qual todas as hipóteses foram consideradas válidas. A hipótese H2, por exemplo, é suportada com um valor $p < 0,01$ e $\beta=0,43$. Da mesma forma, a hipótese H3 apresenta $p < 0,01$ e $\beta=0,36$. Essa divergência de resultados pode estar relacionada ao perfil dos respondentes, ou seja, com a amostra utilizada, ou questões culturais entre Turquia e Brasil.

6. Conclusão

O problema desta pesquisa foi responder qual a importância da sabedoria coletiva no desempenho de projetos. Observou-se que a sabedoria coletiva está associada em 18,1% ao sucesso do projeto, sendo um fator a ser considerado no momento de pensar em uma equipe no projeto.

Deste modo o objetivo do estudo de identificar a relação entre a sabedoria coletiva e *performance* de um projeto de desenvolvimento de software foi alcançado.

Propõe-se, em trabalhos futuros, a análise comparativa dos resultados obtidos nesse estudo com modelos com variáveis moderadoras que possam caracterizar o perfil dos respondentes e/ou das equipes consideradas na avaliação. Também pode-se sugerir testes estatísticos para medir a significância dos fatores culturais na explicação da diferença dos resultados entre o estudo aplicado na Turquia e no Brasil.

Referências

Akgun, A. E. (2020). Team wisdom in software development projects and its impact on project performance. *International Journal of Information Management*, 20, 228-243.

Akgun, A. E., Keskin, H., Byrne, H., & Imamoglu, S. Z. (2007). Antecedents and consequences of team potency in software development projects. *Information & Management*, 44(7), 646–656.

Chin, W. W. (1998). The partial least squares approach to structural equation modeling. *Modern methods for business research*, 295(2), 295-336.

Chipulu, M. et al. (2014). Exploring the impact of cultural values on project performance: The effects of cultural values, age and gender on the perceived importance of project success/failure factors. International Journal of Operations and Production Management, 34(3), 364-389.

Dalal, N. & Pauleen, D. J. (2019). The wisdom nexus: Guiding information systems research, practice, and education. *Information Systems Journal*, 29(1), 224–244.

Doloi, H., Iyer, K. C., Sawhney, A. (2011). Structural equation model for assessing impacts of contractor's performanceon project success. *International Journal os Project Management*, 29(6), 324-338.

Falk, R. F.; Miller, N. B. (1992). A primer for soft modeling. *University of Akron Press*.

Fisher, E. (2011). What practitioners consider to be skills and behaviours of an effective people project manager. *International Journal os Project Management*, 29(8), 994-1002.

Ghobadi, S. (2015). What drives knowledge sharing in software development teams: A literature review and classification framework. *Information & Management*, 52(1), 82–97.

Hair Jr., J; Hult, G.; Ringle, C.; Sarstedt, M. (2014). A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM). London: *Sage publications*.

Hair Jr., J; Hult, G.; Ringle, C.; Sarstedt, M. (2016). A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM). 2ª Ed. Los Angeles: *Sage publications*.

Hernandez-Espallardo, M. et al. (2010). Inter-organizational governance, learning and performance in supply chains. *Supply Chain Management International Journal*, 15(2), 101-114.

ICB-IPMA (2006). Competence Baseline version 3.0. *International Project Management Association*, Nijkerk.

Junior, R. R.; Carvalho, M. M. (2003). Perfil das competências em equipes de projetos. *RAE Eletrônica*, 2(1).

Lamare, S. L. D. (2002). Modelagem de equações estruturais na melhoria da gestão. In: Encontro Nacional De Engenharia De Produção, 22. Anais. Curitiba: Abepro.

Likert, R. (1932). A Technique for the Measurement of Attitudes. *Archives of Psychology*, 140, 1-55.

Lopez-Nicolas, C. Merono-Cerdan, A. L. (2017). Strategic knowledge management, innovation and performance. International Journal of Information Management, 31(6), 502-509.

Mariano, A. M.; Rocha, M. S. (2017). Revisão da Literatura: Apresentação de uma Abordagem Integradora. *Anais do XXVI AEDEM International Conference*.

Netemeyer, R. G.; Bearden, W. O.; Sharma, Subhash. (2003). Scaling procedures: Issues and applications. *Sage Publications*.

Nkurunziza, G. et al. (2019). Business process reengineering in developing economies Lessons from microfinance institutions (MFIs) in Uganda. *Innovation & Management* Review, 16(2), 118-142.

Oliveira, R. R., Cruz, J. E., & Oliveira, R. R. (2018). Fatores críticos de sucesso na gestão de projetos: Análise dos indicadores que constituem os predecessores da estratégia, pessoas e operações. Revista de Gestão e Projetos, 9(3).

Ramírez, P. E.; Mariano, A. M.; Salazar, E. A. (2014). Propuesta Metodológica para aplicar modelos de ecuaciones estructurales con PLS: El caso del uso de las bases de datos científicas en estudiantes universitarios. *Revista ADMpg Gestão Estratégica*, 7(2).

Ribeiro, I. C., Pedron, C. D., Ruas, R. L., & Chaves, M. S. (2018). Competências Individuais do Gerenciamento de Projetos 2.0 na Área de Tecnologia da Informação. Iberoamerican Journal of Project Management, 9(1), 106-136.

Ringle, C. M.; Wende, S.; Becker, J.M. (2019) *SmartPLS 3*. Hamburg, Germany: SmartPLS. Disponível em www.smartpls.com.

Ringle, C. M.; Silva, D.; Bido, D. S. (2014). Modelagem de equações estruturais com utilização do Smartpls. *Revista Brasileira de Marketing*, São Paulo: 13(2), 54-71.

Silva, F. Q. B. et al. (2013). Team building criteria in software projects: a mix-method replicated study. *Information and Software Technology*, 55(7), 1316-1340.

SILVA, J. S. F. (2006). Modelagem de equações estruturais: apresentação de uma metodologia. 2006. 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Tippins, M. J.; Som, R. S. (2003). IT competency and firm performance: Is organizational learning a missing link? *Strategic Management Journal*, 24(8), 745-761.

Vasconcelos, J. B., Kimble, C., Carreteiro, P., & Rocha, A. (2017). The application of knowledge management to software evolution. *International Journal of Information Management*, 37(1), 1499–1506.

Anexo 1

Construto	Dimensão	Pergunta
Mecanismos	Rede de Trabalho	RT1 - Até que ponto os membros da equipe utilizam redes sociais com os demais integrantes?
		RT2 - Até que ponto os membros da equipe comunicam-se com uma rede de contatos externa e interna?
		RT3 - Até que ponto os membros da equipe compreendem a importância dos "Boundary Spanners"? (1)
		RT4 - Até que ponto os membros da equipe incentivam o uso de ferramentas de compatilhamento de recursos e de conhecimento?
		RT5 - Até que ponto os membros da equipe dispõem de recursos adequados e de um sistema de comunicação organizacional que permita o compartilhamento de informações e a coordenação das atividades?
	Diversidade	DE1 - Até que ponto a equipe dispõe pessoas de diferentes departamentos?
		DE2 - Até que ponto a equipe dispõe de pessoas de diferentes formações?
		DE3 - Até que ponto a equipe dispõe de pessoas com diferentes capacidades e habilidades?
	Experiência	EE1 - Existem pessoas experientes na equipe que tenham desenvolvido e implementado produtos similares antes.
		EE2 - Os membros da equipe trouxeram consigo uma riqueza de informações obtidas em trabalhos anteriores dentro da organização.
		EE3 - Os gerentes de departamento da equipe trabalharam em produtos similares dentro da empresa.
		EE4 - Os membros da equipe tiveram experiências anteriores em diferentes departamentos.

Ações Conjuntas	Raciocínio	RE1 - Os membros da equipe filtram e interpretam os ruídos de comunicação internos e determinam os pontos mais importantes sob os quais agir.
		RE2 - Os membros da equipe utilizam a razão e realizam observação cuidadosa sobre as questões relacionadas ao desenvolvimento do produto.
		RE3 - Os membros da equipe fazem observações cuidadosas para estabelecer fatos e explicações lógicas dedutivas sobre questões e atividades relacionadas ao desenvolvimento do produto.
		RE4 - Os membros da equipe avaliam os aspectos relevantes e o valor das proposições lógicas sobre o desenvolvimento do software e sobre as questões e atividades relacionadas ao projeto ao aplicar a razão para a tomada de decisões.
		RE5 - Os membros da equipe são capazes de formular e entender argumentos lógicos com base em proposições sólidas sobre o negócio, sobre o ambiente organizacional e sobre as questões e atividades relacionadas à equipe.
		RE6 - Os membros da equipe questionam o conhecimento inerente às proposições sobre o negócio, sobre o ambiente organizacional e sobre as questões e atividades relacionadas à equipe.
		RE7 - Os membros da equipe ocasionalmente são céticos em relação aos "fatos" e ao "senso comum" relacionados a questões e atividades relacionadas ao negócio, ao ambiente organizacional e à equipe.
		RE8 - Os membros da equipe se concentram no nível ou aspecto certo, escolhendo quais são os "fatos" mais relevantes em uma determinada situação.
	Intuição	IE1 - Os membros da equipe colocam mais ênfase nos sentimentos do que nos dados ao tomar decisões durante o projeto.
		IE2 - Os membros da equipe depositam muita fé em seus sentimentos iniciais sobre outras pessoas e situações durante o projeto.
		IE3 - Os membros da equipe tomam decisões com base em seu instinto quando não têm informações suficientes e precisam tomar decisões durante o projeto.
		IE4 - Os membros da equipe confiam em seus palpites quando confrontados por uma decisão importante durante o projeto.
	Comunicação	CE1 - Os membros da equipe conseguem articular suas percepções aos outros.
		CE2 - Os membros da equipe têm habilidade de comunicação.
		CE3 - Os membros da equipe têm sensibilidade e habilidade de interagir com os outros o tempo todo e continuamente captam pistas e significados dessas interações.
		CE4 - Os membros da equipe são capazes de se relacionar com outras pessoas e entender suas crenças, atitudes, valores, conhecimento e compreensão muitas vezes desarticulados, bem como suas capacidades e incapacidades.

Prudência		PE1 - Os membros da equipe sabem como e quando aplicar princípios absolutos a uma realidade complexa e confusa.
		PE2 - Os membros da equipe têm um rico conhecimento factual sobre suas áreas.
		PE3 - Os membros da equipe são capazes de deliberar sobre o que é bom e conveniente para eles mesmos.
		PE4 - Os membros da equipe reconhecem que a tomada de decisões é contingente e raramente envolve a aplicação de princípios absolutos.
		PE5 - Os membros da equipe e suas ações são práticos e orientados para a vida cotidiana durante o trabalho.
Virtude		VE1 - Os membros da equipe estão conscientes sobre o papel da ética e da virtude.
		VE2 - Os membros da equipe têm uma mentalidade ética/ virtuosa.
		VE3 - Os membros da equipe têm um julgamento ético.
		VE4 - Os membros da equipe veem as ações dos outros como nobres e valiosas.
		VE5 - Os membros da equipe estão preocupados com os outros, são cuidadosos e justos, admitem seus erros e aprendem com eles.
		VE6 - Todos os processos relacionados ao projeto são infundidos com valores que vão além dos requisitos técnicos da tarefa.
		VE7 - Os membros da equipe produzem decisões virtuosas e tolerantes.
Resultado do Projeto	Aprendizagem	AE1 - Em geral, o mercado e os usuários percebem que o software desenvolvido tem menos problemas do que o que é considerado normal na indústria.
		AE2 - Após o lançamento, o software desenvolvido apresentou menos problemas técnicos do que o produto de nosso concorrente mais próximo ou nossos produtos anteriores.
		AE3 - Em geral, a equipe fez um excelente trabalho ao descobrir áreas problemáticas do software desenvolvido com as quais os usuários / clientes estavam insatisfeitos.
		AE4 - Em geral, a equipe fez um excelente trabalho corrigindo as áreas problemáticas do software desenvolvido com os quais os usuários / clientes estavam insatisfeitos.
	Velocidade	VU1 - Este projeto foi concluído em menos tempo do que o que é considerado normal e habitual para o nosso setor.
		VU2 - Este projeto foi lançado na frente do cronograma original proposto no projeto inicial.
		VU3 - A alta administração ficou satisfeita com o tempo que levamos para alcançar a plena comercialização / implementação.

(1) Boundary Spanners: posições de trabalho que precisam entrar em contato direto com os clientes ou com os membros de outras equipes.

Tabela 1 – Operacionalização de Construtos
Fonte: Traduzido e Validado desde Akgun, Ali E., 2020

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 12/09/2019
Aceitação/Acceptance: 10/11/2019

O Serviço de Compartilhamento de Bicicletas no Brasil: Um estudo exploratório via equações estruturais

Ari Melo Mariano, Allan Timo Gomes, Luís Augusto Vieira Ribeiro, Heber Nunes Lopes

arimariano@unb.br, allantimo@gmail.com, lavribeiro@gmail.com, heberlopes8@gmail.com

Universidade de Brasília - UnB, Brasília, Brasil

Pages: 409–422

Resumo: O objetivo desta pesquisa foi identificar quais os fatores influenciam na intenção comportamental do compartilhamento de bicicletas ao longo do tempo, no Brasil. O serviço de compartilhamento de bicicletas, com o uso da tecnologia da informação, tem se apresentado como uma iniciativa visando a melhora na prestação de serviços à população para mobilidade urbana. A pesquisa foi do tipo exploratória, com abordagem quantitativa por meio das equações estruturais via variância. Foi calculada a amostra via tamanho do efeito e foram coletas 100 respostas via questionário disponibilizado online. Os resultados apontaram que a variável "Intenção comportamental" é explicada em 73,3% por todas as demais variáveis dependentes, sendo a que mais influência é a atitude e a satisfação. Deste modo para melhorar a continuidade de uso de bicicletas é necessário acompanhar a garantir a satisfação do cliente com o serviço e criar campanhas que incentivem a atitude do usuário quanto as questões de mobilidade, sustentabilidade e a facilidade de uso, fatores relacionados ao uso compartilhado da bicicleta.

Palavras-chave: Serviço de compartilhamento de bicicletas; mobilidade urbana; modelos de equações estruturais; Brasil; mínimos quadrados parciais.

The Bicycle Sharing Service in Brazil: An Exploratory Study via Structural Equations

Abstract: The objective of this research was to identify which factors influence the behavioral intention of bicycle sharing over time in Brazil. The bicycle sharing service, using information technology, has been presented as an initiative aimed at improving the provision of services to the population for urban mobility. The research was exploratory, with quantitative approach through structural equations via variance. The sample was calculated via effect size and 100 responses were collected via a questionnaire available online. The results showed that the variable "Behavioral Intent" is explained in 73.3% by all other dependent variables, the most influential being attitude and satisfaction. Thus, to improve the continuity of bicycle use, it is necessary to monitor to ensure customer satisfaction with the service and to create campaigns that encourage user attitude regarding mobility, sustainability and ease of use, factors related to the shared use of the bicycle.

Keywords: Bicycle sharing service; urban mobility; structural equation models; Brazil; partial least squares.

1. Introdução

O transporte tem sido um dos maiores desafios encontrados pelos governos na administração dos grandes centros urbanos. A infraestrutura de transportes do Brasil, está dividida em quatro setores: Aeroviário, Aquaviário (Portuário + Hidroviário), Ferroviário e Rodoviário. Tem-se como documento de mais alto nível que rege sobre o setor de transportes do país, a Política Nacional de Transportes – PNT, sendo este o que estabelece os princípios, objetivos, diretrizes fundamentais e instrumentos para o planejamento e sua implementação (Ministério da infraestrutura, 2018). De acordo com dados obtidos no Plano Nacional de Transportes, o setor rodoviário é, de longe, o maior setor de transportes do Brasil, representando cerca de 65% de todo sistema de transportes nacionais, com 64,8 mil Km de rodovias federais pavimentadas e 11,7 mil Km de rodovias federais não pavimentadas (Ministério da infraestrutura, 2018).

Deste modo a representação majoritária do transporte brasileiro é rodoviário, ocasionando em uma dependência do país deste meio. A situação se agrava, pois o cenário esperado é de aumento da quantidade de veículos impulsionado pelo aumento populacional (Norman, 2018) e mesmo com o investimento adequado no setor rodoviário concentrado nesses grandes centros, existem limitações naturais que aumentam o risco de uma situação caótica progressiva nessas cidades.

Deste modo, soluções alternativas passam a existir no intuito de melhorar o deslocamento das pessoas. Um que tem se mostrado eficaz e com grande crescimento nos últimos anos tem sido o serviço de compartilhamento de bicicletas. A Holanda foi pioneira, na implementação de bicicletas compartilhadas, em 1965, logo a iniciativa chegou em outras cidades da Europa, Ásia, chegando a países da América Latina em 2008, entre eles, o Brasil (Demaio, 2009). Os serviços de compartilhamento de Bicicleta são um reflexo do momento atual, marcado pela tecnologia, conectividade, sustentabilidade e sistemas de informação.

Esse incremento e uso da tecnologia para promover soluções contribuem também na aproximação das cidades ao conceito de cidades inteligentes, que é explicado por Capdevila e Zarlenga (2015), como uma cidade que usa a tecnologia da informação e comunicação para aumentar a qualidade de vida das pessoas que ali vivem, contribuindo assim para um desenvolvimento sustentável. Porém, apesar de todos os benefícios, parte da população não está engajada no uso da bicicleta compartilhada e compreender os motivos que levam o usuário a compartilhar o uso da bicicleta é importante, principalmente quanto a questão na continuidade deste uso. Esta descoberta favorece ações que visam melhorar o incentivo ao uso e a réplica de ações de sucesso para o compartilhamento de outros meios de transporte sustentáveis. Deste modo, o problema desta pesquisa é como fomentar o compartilhamento de bicicletas ao longo do tempo?

Esta pergunta é importante de ser respondida, visto que os meios de transporte sustentáveis colaboram com muitos benefícios para a sociedade. As bicicletas compartilhadas, por exemplo, são uma importante solução que fomentam uma vida mais funcional, saudável e prazerosa, ajudando na contribuindo em uma mobilidade

urbana mais efetiva e na redução do impacto ambiental criado por veículos baseados em combustíveis fósseis (Ramis & Santos, 2012), além de ser um passo na transformação das nossas cidades em cidades mais inteligentes e autossustentáveis (Papa & Lauwers, 2015). Deste modo a compreensão destes fatores são importantes para a sociedade.

A literatura científica avançou muito em modelos de uso e aceitação da tecnologia, que ajudam neste entendimento. Mariano e Diaz (2017), explicam, que atualmente são 10 modelos validados pela ciência, sendo o primeiro datado de 1975, conhecido como Modelo da Teoria da Ação Racionalizada, de Fishbein e Ajzen (1975). Estes modelos auxiliam na busca de motivos que impactam no uso e aceitação da tecnologia, consolidando e testando exaustivamente a literatura na busca do modelo mais efetivo. Em casos específicos é comum que um autor faça adaptações para compor um modelo que explica aceitação e uso de um item em específico. Um dos modelos mais recentes é o de Cheng, Yang e Liu (2019), publicado no artigo *Understanding bike sharing use over time by employing extended technology continuance theory*, onde apresenta o uso da Teoria de Continuidade Tecnológica via um modelo de equações estruturais.

Assim, a partir do modelo de Cheng *et al.* (2019), o objetivo deste estudo é identificar quais os fatores influenciam na intenção comportamental do compartilhamento de bicicletas ao longo do tempo, no Brasil. Para alcançar este problema será realizado um estudo exploratório por meio das equações estruturais via PLS-SEM.

O artigo estrutura-se em 5 seções. De maneira bem resumida, a seção 2 apresenta a problemática da mobilidade urbana e a alternativa do serviço de compartilhamento de bicicletas como uma proposta de solução. A seção 3 mostra os aspectos relacionados ao método utilizado, cuja abordagem quantitativa refere-se à perspectiva dos modelos de equações estruturais por meio do método de mínimos quadrados parciais (PLS-SEM). Com relação a seção 4, esta apresenta e discute os resultados encontrados. Por fim, a seção 5 traz a conclusão final.

2. Revisão da Literatura

O crescimento populacional nos grandes centros urbanos traz consigo diversos desafios, entre eles a mobilidade dentro das grandes cidades (Shaheen *et al.*, 2010). Como solução para o problema de trânsito em Amsterdã a Holanda, em 1965 propôs um plano de compartilhamento de bicicletas, em que elas ficavam destrancadas e para uso de todos da população (Shaheen *et al.*, 2010). Os sistemas de compartilhamento de bicicletas permitem que os clientes aluguem bicicletas, por meio de aplicativos de celular, distribuídas por toda a cidade, em estações de aluguel automáticas, as utilizem por um curto período e as devolvam em qualquer estação (Datner *et al.*, 2019). Adicionalmente Shaheen *et al.* (2010) cita que desde 1965 o compartilhamento de bicicletas cresceu em todo o mundo. E, já em 2010, cerca de 100 programas de compartilhamento de bicicletas estavam operando em cidades respeitadas, com mais de 139.300 bicicletas. Saraiva, Ribeiro, Neckel, Silva e Lermen (2019), explicam que o uso de bicicleta passou por 4 gerações (aa 1), iniciando-se com Amsterdã, que tentava diminuir o fluxo de veículos na cidade. A cidade permanece como modelo até hoje. Copenhague, 30 anos depois marca um novo ciclo ao implementar medidas para evitar o furto das bicicletas. Em 1998, muitas cidades da Europa já compartilhavam bicicletas, mas foi em Rennes, na França,

que uma nova etapa começou, com a introdução de um cartão inteligente. Finalmente a quarta geração é marcada pela massiva disseminação no mundo, onde aparecem iniciativas em países situados em todos os continentes.



Figura 1 – Marco temporal da Bicicleta –
Fonte: Adaptada de Saraiva, Ribeiro, Neckel, Silva e Lermen (2019)

Assim, o compartilhamento de bicicletas é um dos modos de transporte público que mais cresce no mundo. Segundo Cheng *et al.* (2018), o crescimento médio do compartilhamento de bicicletas foi de 37% ao ano desde 2009. A maior fração de crescimento no compartilhamento de bicicletas foi na China, em que o número de usuários de bicicletas foi de mais de 18.860.000 até o final de 2016 e chegou a 50.000.000 no final de 2018 (Cheng *et al.*, 2018). No entanto o crescimento do uso das bicicletas compartilhadas tem aumentado nos últimos anos com maior participação de bicicletas sem estação (compartilhamento sem lugar físico central, onde as bicicletas deveriam voltar após seu uso). Segundo Yao *et al.* (2018), o sistema de compartilhamento de bicicletas (bike-sharing system (BSS)) resolve o problema do último quilometro, efetivando ainda mais a facilidade no uso de bicicletas e promovendo o crescimento no uso desse tipo de serviço.

Embora existam muitos motivos que podem explicar esse uso e continuidade, a literatura oferece contribuições sobre fatores que influenciam esse processo.

Davis, (1989), explica que as intenções de continuidade dos usuários para adotar produtos ou serviços são influenciadas pelos fatores utilidade percebida e facilidade de uso percebida. A utilidade percebida ajuda a definir a avaliação dos usuários sobre até que ponto os produtos ou serviços podem melhorar seu desempenho (Davis, 1989; Liao *et al.*, 2009). O grau em que os usuários reconhecem que adotar produtos ou serviços não exige esforço é enfatizado pela facilidade de uso percebida (Venkatesh & Davis, 2000).

Em 1989, Davis oferece à ciência um modelo para explicar a aceitação da tecnologia (TAM - *Technology Acceptance Model*). Segundo a TAM, a facilidade de uso percebida pode influenciar positivamente a utilidade percebida (Hung *et al.*, 2005; Shiau & Chau, 2016), a aceitação final é influenciada pela facilidade de uso percebida, conveniência de adotar e atitude dos produtos ou serviços (Park *et al.*, 2014; Venkatesh & Davis, 2000). Já a utilidade percebida e a facilidade de uso percebida auxiliam a formação de atitudes positivas sobre determinado produto ou serviço, consequentemente melhorando a continuidade de intenções de adoção. Assim, nessa perspectiva, os produtos ou

serviços podem ser considerados úteis quando são fáceis e convenientes de adotar. Além disso, os estudos atuais também demonstraram que esses dois fatores externos afetam conjuntamente a atitude em relação aos produtos ou serviços, influenciando assim a aceitação final (Park *et al.*, 2014; Venkatesh & Davis, 2000). A facilidade de uso percebida e a utilidade contribuem para a formação de atitudes positivas em relação a determinado produto ou serviço, melhorando assim a continuidade das intenções de adoção. Os seguintes fatores afetam as intenções de uso de continuidade dos usuários: confirmação, utilidade e satisfação dos usuários. (Cheng *et al.*, 2019).

O comportamento dos usuários para continuar usando produtos ou serviços tende a ser moldado pela sua satisfação e pelo nível de utilidade percebida (Bhattacherjee, 2001). Segundo Oliver (1993) e Lee (2010) a satisfação com o produto ou o serviço é um pré-requisito para a continuidade de intenção de compra dos consumidores. Dessa forma, a satisfação tem um impacto considerável nas intenções de continuidade dos usuários em relação a produtos ou serviços de forma positiva. Provavelmente produtos ou serviços úteis possuem consumidores satisfeitos e com adoção contínua (Cheng *et al.*, 2019). Estudos (Lee, 2010; Li & Liu, 2014; Weng *et al.*, 2017), indicam que há uma associação positiva entre utilidade percebida e intenção de continuidade, além de utilidade percebida e satisfação.

O risco percebido indica a percepção negativa de um consumidor em adquirir um novo produto ou serviço, normalmente atua sendo um fator crítico de resistência da intenção comportamental (Cheng *et al.*, 2019). Segundo Kim *et al.* (2008) e Wang *et al.* (2018), o risco percebido é referente a uma evolução da incerteza subjetiva de um indivíduo e a consequência adversa da adoção e do uso de um novo produto ou serviço. Ou seja, as características físicas e o sistema de compartilhamento de bicicletas geram uma incerteza implícita em torno do seu uso. Como o ciclismo é exposto ao transporte tradicional, há o risco do ciclista se ferir (Cheyne *et al.*, 2015). Há também o risco de perda de informações pessoais ao usar sistemas de compartilhamento de bicicletas (Altaf, 2017). Consequentemente, a percepção de risco se torna um fator significativo na intenção de continuidade dos usuários de serviços de compartilhamento de bicicletas (Cheng *et al.*, 2019).

As percepções positivas dos indivíduos podem ser afetadas pelo risco percebido e diminuir sua confiança na utilidade percebida em relação ao produto ou serviço (Featherman & Pavlou, 2003; Im *et al.*, 2008). Aumentar a percepção de risco das pessoas tende a resultar em baixos níveis de satisfação porque altos níveis de risco percebidos são geralmente associados a altos níveis de expectativas (Ho *et al.*, 1998). A aceitação e a intenção comportamental das pessoas podem ser reduzidas pela percepção de risco relacionada a uma nova tecnologia ou produto (Laforet & Li, 2005; Kim *et al.*, 2008). Dessa forma, conforme Cheng *et al.* (2019), foi estabelecido que o risco percebido é negativamente associado à utilidade percebida, à satisfação e à intenção de continuidade em relação aos sistemas de compartilhamento de bicicletas. Outro fator que influi na adoção ao longo do tempo da bicicleta compartilhada é o risco percebido, que tem origem na incerteza em torno do uso de sistemas de compartilhamento de bicicletas. O uso real destes sistemas e a expectativa confirmada podem aliviar o risco percebido pelos usuários (Weng *et al.*, 2017). Conforme Cheng *et al.* (2019), podemos admitir que a confirmação esteja exercendo um efeito positivo na diminuição do nível

de risco percebido pelos consumidores. Conforme o contexto descrito acima e segundo Cheng *et al.* (2019), as seguintes hipóteses foram identificadas para o sistema de compartilhamento de bicicletas (Figura 2):

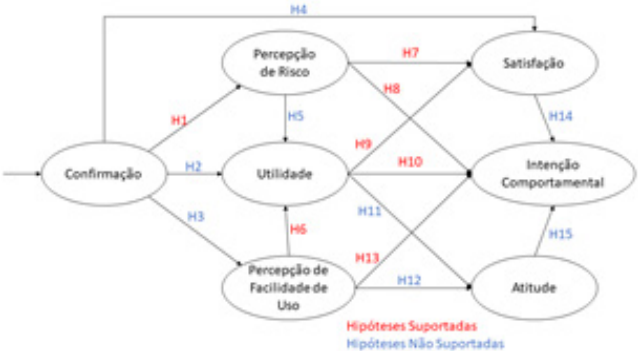


Figura 2 – Modelo Estrutural Proposto.
Fonte: adaptação de Cheng et al. (2019)

H1: A confirmação está negativamente correlacionada com a percepção de risco em relação aos serviços de compartilhamento de bicicletas.

H2: A confirmação está positivamente correlacionada com a utilidade em relação aos serviços de compartilhamento de bicicletas.

H3: A confirmação está positivamente correlacionada com a percepção de facilidade de uso em relação aos serviços de compartilhamento de bicicletas.

H4: A confirmação está positivamente correlacionada com a satisfação em relação aos serviços de compartilhamento de bicicletas.

H5: A percepção de facilidade de uso está positivamente correlacionada com a utilidade em relação aos serviços de compartilhamento de bicicletas.

H6: A percepção de risco é negativamente correlacionada com a utilidade em relação aos serviços de compartilhamento de bicicletas.

H7: A percepção de risco é negativamente correlacionada com a satisfação em relação aos serviços de compartilhamento de bicicletas.

H8: A percepção de risco é negativamente correlacionada com a intenção comportamental em relação aos serviços de compartilhamento de bicicletas.

H9: A utilidade está positivamente correlacionada com a satisfação em relação aos serviços de compartilhamento de bicicletas.

H10: A utilidade é positivamente correlacionada com a intenção comportamental em relação aos serviços de compartilhamento de bicicletas.

H11: A utilidade está positivamente correlacionada com a atitude em relação aos serviços de compartilhamento de bicicletas.

H12: A percepção de facilidade de uso está positivamente correlacionada com a atitude em relação aos serviços de compartilhamento de bicicletas.

H13: A percepção de facilidade de uso está positivamente correlacionada com a intenção comportamental em relação aos serviços de compartilhamento de bicicletas.

H14: A satisfação está positivamente correlacionada com a intenção comportamental em relação aos serviços de compartilhamento de bicicletas.

H15: A atitude está positivamente correlacionada com a intenção comportamental em relação aos serviços de compartilhamento de bicicletas.

Deste modo, por meio do modelo de Cheng et al. (2019), se encontrou os fatores que influem na intenção comportamental do compartilhamento de bicicletas ao longo do tempo.

3. Método

Esta pesquisa é do tipo exploratória, com abordagem quantitativa por meio das equações estruturais via variância. Foi realizado no Brasil, tendo como objeto de estudo usuários de bicicletas compartilhadas. O instrumento de coleta foi adaptado de Cheng *et al.* (2019). O questionário foi composto por 9 sessões: (1) introdução sucinta sobre o objetivo da pesquisa; (2) a (8) perguntas projetadas para refletir os contextos da Confirmação, Utilidade, Percepção de Risco, Percepção de Facilidade de Uso, Satisfação, Atitude e Intenção Comportamental; e (9) perguntas que visam capturar os dados demográficos dos entrevistados. O questionário utilizou da escala Linkert de 1 (concordo plenamente) a 7 (discordo completamente), totalizando 6 questões relacionadas a dados demográficos e 26 questões de itens que conformam 7 variáveis. O questionário foi validado com confiabilidade composta de 0,93. A coleta de dados se deu com a disponibilização do questionário via plataforma *on-line* (Google *Forms)* aos entrevistados entre o período de 02/07/2019 a 04/07/2019. O questionário foi disseminado via aplicativo a 13 grupos do WhatsApp, visto que os usuários do serviço de compartilhamento de bicicletas já estão habituados com o uso de ferramentas tecnológicas. A mostra calculada para o modelo proposto por meio do software G*Power com o efeito da força médio (0,15), a significância de 5% e o nível de poder estatístico foi 0,8. Como o modelo possui 5 variáveis independentes, a amostrada mínima apresentada foi 85. O total de questionários recolhidos válidos foi 100, acima do valor necessário, de acordo com o software G*Power. O fato da pesquisa ter sido divulgada em 13 grupos permitiu que em apenas três dias se obtivesse um quantitativo suficiente de respostas válidas para compor a amostra, tendo como perfil predominante entre os respondentes, homens entre 31 a 40 anos com formação educacional elevada. Porém, do total da amostra obtida, percebeu-se perfis com bastante heterogeneidade. O tratamento dos dados foi realizado por meio das equações estruturais via PLS-SEM (mínimos quadrados parciais). Decidiu-se adotar essa técnica, devido a análise de cenários com diversas variáveis, subjetivos, compostos por constructos pessoais e, portanto, complexos tais como o objeto desse estudo (Hair

et al., 2017) e, para tal, fizemos uso da ferramenta tecnológica *SmartPLS* versão 3.2.8, sistema capaz de analisar todos os dados sob a perspectiva dos modelos de equações estruturais por meio do método de mínimos quadrados parciais (PLS-SEM).

4. Apresentação e Análise dos Resultados

O artigo de Ramirez-Corrêa *et al.* (2014) propõe um método para utilização de mínimos quadrados parciais (*Partial Least Square* – PLS) que se baseia em 3 etapas, primeira fase, chamada de Descrição do Modelo Estrutural, é responsável por especificar as relações causais entre as variáveis do modelo, bem como as relações entre os indicadores e os constructos. Na segunda fase, Validação e Confiabilidade do Modelo Estrutural, é verificada a validação interna do modelo estrutural por meio de conceitos estatísticos, junto aos testes de multicolineraridade. A terceira fase faz-se a valoração do modelo estrutural e se investiga o quanto as variáveis propostas explicam o objeto do estudo.

4.1.Validade e Confiabilidade do Modelo

Foram realizados os testes de confiabilidade (item, interna) e de validade (convergente e discriminante). Foram depurados dois itens (PR1 e PR2), seguindo as orientações de Chin (1998). A média da confiabilidade composta foi de 0,931, e os testes de validade superaram os valores estabelecidos por Ramirez-Corrêa *et al.* (2014). Também se realizou o teste de multicolineraridade e o modelo não apresentou solapamento entre as variáveis, sendo todos valores menores que 3 (Hair, *et al.* 2017). Assim, pode-se concluir que o instrumento de pesquisa e o modelo estrutural são válidos e confiáveis, segundo os parâmetros sugeridos pela literatura.

4.2.Valoração do Modelo Estrutural

Nesta etapa a valoração do modelo estrutural é estudada por meio da análise dos resultados e relações obtidos. Três análises são realizadas, o coeficiente de determinação R^2 que explica o quanto as variáveis independentes explicam a dependente, a valoração do caminho, analisando o grau de influência via o Beta e finalmente a Significância via o procedimento de *Bootstraping*.

O coeficiente de determinação é um valor entre 0 e 1, sendo que quanto maior for o R^2, mais explicativo é o modelo (Cepeda & Roldán, 2004). Segundo Falk e Miller (1992), o R^2 é aceitável se for superior a 0,1. No entanto, Hair *et al.* (2017) apresentam uma escala para o R^2: aceitável se for maior que 0,13, bom se for maior que 0,26 e excelente se superar 0,33. Conforme o modelo, o valor apresentado dentro do círculo das variáveis dependentes representa o R^2 (Figura 3).

É possível observar que a variável "Utilidade" possui um R^2 igual a 0,463, ou seja, ela é explicada em 46,3% pelas dimensões propostas ("Confirmação", "Percepção de risco" e "Percepção de facilidade de uso"). A variável "Percepção de risco" e a variável "Percepção de facilidade de uso" são explicadas em 2,4% e 27,2%, respectivamente, pela variável "Confirmação". Já a variável "Satisfação" é explicada em 69,9% pelas dimensões propostas ("Confirmação", "Percepção de risco" e "Utilidade"). A variável "Atitude" é explicada em 67,2% pelas variáveis "Utilidade" e "Percepção de facilidade de uso".

A variável interveniente "Intenção comportamental" é explicada em 73,3% por todas as demais variáveis dependentes.

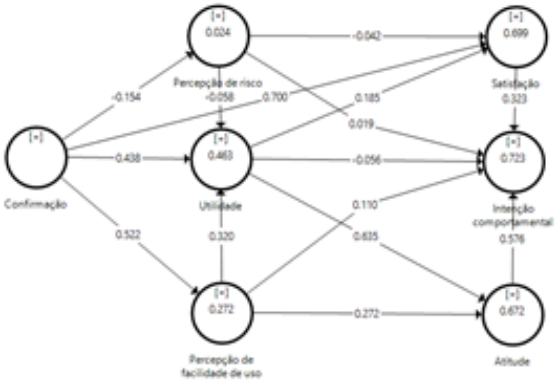


Figura 3 – Modelo estrutural de serviço de compartilhamento de bicicleta.
Fonte: própria, baseada nos resultados da ferramenta SmartPLS.

A análise do caminho é realizada pelo coeficiente estrutural β, que representa os valores que conectam a variável independente às dependentes, conforme a Figura 3. O coeficiente β mensura quanto cada uma das variáveis independentes explicam o objeto em estudo. Segundo Chin (1998), para que o índice β seja significativo, ele precisa apresentar um valor superior a 0,2 ou menor que -0,2, o valor do β pode variar de -1 a 1. Os betas são apresentados no modelo e estão localizados no centro das flechas que ligam as variáveis (Figura 3). Para uma melhor visualização, foram colocados em uma tabela, junto aos valores de t de *student* e p-*value* para realização do teste de hipótese (Tabela 1).

Hipóteses	**Beta (β)**	**%**	***t de student***	***p value***	**Resultado**
H1: Confirmação -> Percepção de risco	-0,154	2,37	1.340	0,09	Não suportada
H2: Confirmação -> Utilidade	**0,438**	**26,89**	**4.633**	**0**	**Suportada**
H3: Confirmação -> Percepção de facilidade de uso	**0,522**	**27,25**	**6.767**	**0**	**Suportada**
H4: Confirmação -> Satisfação	**0,7**	**57,47**	**9.469**	**0**	**Suportada**
H5: Percepção de facilidade de uso -> Utilidade	**0,32**	**18,43**	**2.906**	**0,002**	**Suportada**
H6: Percepção de risco -> Utilidade	-0,058	1,29	0,647	0,259	Não suportada
H7: Percepção de risco -> Satisfação	-0,042	0,80	0,676	0,25	Não suportada
H8: Percepção de risco -> Intenção comportamental	0,019	-0,45	0,346	0,365	Não suportada
H9: Utilidade -> Satisfação	0,185	11,56	2.220	0,013	Não Suportada
H10: Utilidade -> Intenção comportamental	-0,056	-3,68	0,486	0,313	Não suportada

Hipóteses	Beta (β)	%	*t de student*	*p value*	Resultado
H11: Utilidade -> Atitude	**0,635**	**50,10**	**6.597**	**0**	**Suportada**
H12: Percepção de facilidade de uso -> Atitude	**0,272**	**17,16**	**2.586**	**0,005**	**Suportada**
H13: Percepção de facilidade de uso -> Intenção comportamental	0,11	7,10	1.138	0,128	Não suportada
H14: Satisfação -> Intenção comportamental	**0,323**	**23,29**	**3.434**	**0**	**Suportada**
H15: Atitude -> Intenção comportamental	**0,576**	**46,08**	**4.158**	**0**	**Suportada**

Tabela 1 – Teste de Hipótese.
Fonte: própria

O *Bootstrapping* foi calculado para significância de 5% e Unicaudal. Os resultados devem apresentar um t de *student* maior ou igual a 1,65 e um p-*value* menor ou igual a 0,05(Ramirez *et al*., 2014). Pode-se observar que das 15 hipóteses levantadas, apenas 8 foram suportadas neste estudo.

Assim, analisando os resultados pode-se perceber que a continuidade de uso de bicicletas compartilhadas está diretamente relacionada ao quanto o cliente encontra-se satisfeito com o serviço e como manifesta sua atitude quanto as questões de mobilidade, sustentabilidade e a facilidade de uso, fatores relacionados ao uso da bicicleta compartilhada. O que corrobora com os estudos de Shiau & Chau (2016) e Park *et al*. (2014). Também se encontrou uma relação positiva entre a percepção de facilidade de uso e a percepção da utilidade, explicando que o quanto mais fácil de usar o serviço de compartilhamento, maior a utilidade percebida pelo usuário.

A confirmação também se apresentou como um fator preponderante, influenciando as variáveis utilidade, percepção da facilidade de uso e a satisfação, demonstrando a necessidade entre alinhar a expectativa do cliente a realidade do serviço.

Deste modo, para ampliar e manter o uso do compartilhamento de bicicletas, é necessário fazer o alinhamento entre expectativa e realidade, evitando promessas que não se possam cumprir (Confirmação), materializar a utilidade e benefícios de usar a bicicleta compartilhada (Utilidade), buscar mecanismos via sistemas de informação para facilitar cada vez mais o uso deste meio de transportes e estar sempre acompanhando o cliente quanto ao seu nível de satisfação, entregando um melhor serviço. Finalmente, as cidades podem criar campanhas de engajamento via gamificação, para impulsionar a atitude do consumidor quanto a adoção e uso contínuo da bicicleta compartilhada.

O aumento da oferta do serviço e do seu número de usuários poderá trazer impactos positivos para a população, dado que acarretará a diminuição dos problemas de mobilidade urbana enfrentada pelos grandes centros e a redução de veículos movidos a combustíveis fósseis. Além disso, incentivará o movimento de transformação das nossas cidades em cidades mais inteligentes, demonstrando o uso da tecnologia da informação

e comunicação de modo a permitir que a população tenha acesso a mais serviços e de melhor qualidade, e dessa maneira, facilitando e aprimorando a nossa caminhada rumo a um Brasil mais inteligente, alinhando-se ao conceito de *Smart City/Smart Country*.

5. Conclusão

O problema da pesquisa foi compreender como fomentar o compartilhamento de bicicletas ao longo do tempo. A mensuração do modelo encontrou como efeitos diretos ao compartilhamento contínuo, o incentivo a atitude do consumidor (H15) e a manutenção a satisfação (H14). Indiretamente, para potencializar o uso ao longo do tempo das bicicletas compartilhadas, foram encontradas relações positivas com as variáveis Facilidade de Uso, Utilidade e Confirmação. Deste modo, o objetivo da pesquisa de identificar quais os fatores influenciam na intenção comportamental do compartilhamento de bicicletas ao longo do tempo, no Brasil, foi alcançado, explicando o compartilhamento ao longo do tempo em 73,3%, pelas variáveis apresentadas.

Por meio desse estudo percebeu-se a consolidação desse serviço no Brasil e sua tendência em crescer ainda mais, dada a necessidade da população em gastar menos tempo com o deslocamento e a problemática dos engarrafamentos nos grandes centros urbanos.

Para futuras pesquisas aconselha-se um aprofundamento no estudo com foco nos constructos utilidade e percepção de facilidade de uso ou ainda na adoção de outros a serem investigados. Tal sugestão visa proporcionar o entendimento de como esses constructos poderiam ser suportados e como eles impactariam positivamente na intenção comportamental das pessoas para a utilização do serviço de compartilhamento de bicicletas.

Referências

Altaf, S. (2017). Investigating the factors influencing the use of public bike sharing schemes for the last mile travel in Belgium. *Master's thesis*. UHasselt.

Bhattacherjee, A. (2001). Understanding information systems continuance: an expectation-confirmation model. *MIS Quarterly* 351–370.

Capdevila, I. & Zarlenga, M. I. (2015). Smart city or smart citizens? The Barcelona case. *Journal of Strategy and Management*, 8(3), 266–282.

Cepeda, G. & Roldán, J. L. (2004). Aplicando en la práctica la técnica PLS en la Administración de Empresas. In: Conocimiento y Competitividad. *XIV Congreso Nacional ACEDE*. Murcia. p. 74-8

Cheng, P., OuYang, Z. & Liu, Y. (2019). Understanding bike sharing use over time by employing extended technology continuance theory. *Transportation Research* Part A. 124, 433–443

Cheng, P., Ouyang, Z. & Liu, Y. (2018) User satisfaction based model for resource allocation in bike-sharing systems. *Transport Policy*, v. 124, n. April, p. 433–443. Elsevier. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.03.003>.

Cheyne, C.M., Muhammad, I., Scott, M. & Tien, C. (2015). Barriers to Active Transport in Palmerston North. *Massey University*.

Chin, W. W. (1998). The partial least squares approach to structural equation modeling. *Modern methods for business research*. v. 295, n. 2, p. 295-336, 1998.

Davis, F.D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*. 13 (3), 319–340.

Davison, A. C. & Hinkley, D. V. (1997). Bootstrap Methods and Their Application. *Cambridge: Cambridge University Press*.

Datner, S., Raviv, T., Tzur, M. & Chemla, D. (2019). Setting Inventory Levels in a Bike Sharing Network Setting Inventory Levels in a Bike Sharing Network. n. July.

Falk, R. F. & Miller, N. B. (1992). A primer for soft modeling. *University of Akron Press*.

Demaio, P. (2009). Bike-sharing: History, Impacts, Models of Provision, and Future. *Journal of Public Transportation*, 12(4), 41-56. http://dx.doi.org/10.5038/2375-0901.12.4.3

Featherman, M.S. & Pavlou, P.A. (2003). Predicting e-services adoption: a perceived risk facets perspective. *Int. J. Hum. Comput. Stud.* 59 (4), 451–474.

Fornell, C. & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*. v.18, n. 1, p. 39-50.

Hair, J., Joseph, F., Hult, G. & Tomas, M. (2017). A primer on partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM). *Sage Publications*.

Ho, F.N., Mursch, J.D., Ong, B.S. & Peittula, B. (1998). Consumer satisfaction with OTC drugs: an analysis using the confirmation/disconfirmation model. *Health Mark.* Q. 15 (1), 103–117.

Hung, S.Y., Liang, T.P. & Chang, C.M. (2005). A meta-analysis of empirical research using TAM. *J. Inf. Manage.* 12 (4), 211–234.

Im, I., Kim, Y. & Han, H.J. (2008). The effects of perceived risk and technology type on users' acceptance of technologies. *Inf. Manage.* 45 (1), 1–9.

Kim, D.J., Ferrin, D.L. & Rao, H.R. (2008). A trust-based consumer decision-making model in electronic commerce: The role of trust, perceived risk, and their antecedents. *Decis. Support Syst.* 44 (2), 544–564.

Laforet, S. & Li, X. (2005). Consumers' attitudes towards online and mobile banking in China. *Int. J. Bank Mark.* 23 (5), 362–380.

Laurindo, F.J.B., Shimizu, T., Carvalho, M. M. & Rabechini J. R. (2001). O papel da tecnologia da informação (TI) na estratégia das organizações. *Gestão & Produção*, v. 8, n. 2, p. 160-179.

Lee, M.C. (2010). Explaining and predicting users' continuance intention toward e-learning: An extension of the expectation–confirmation model. *Comput. Educ.* 54 (2), 506–516.

Li, H. & Liu, Y. (2014). Understanding post-adoption behaviors of e-service users in the context of online travel services. *Inf. Manage.* 51 (8), 1043–1052.

Liao, C., Palvia, P. & Chen, J.L. (2009). Information technology adoption behavior life cycle: Toward a technology continuance theory (TCT). *Int. J. Inf. Manage.* 29 (4), 309–320.

Mariano, A. M., & Diaz, L. F. A. (2017). A importância da aceitação e uso da tecnologia em aplicativos de mobilidade urbana: contribuições da literatura científica. *In VII Congresso Brasileiro CONBREPRO*. Ponta Grossa. PR-Brasil.

Mattei, J.F., Amorim, L.L.S. & Liedke, M.S. (2011). Trânsito Urbano: O Limiar do Caos? Políticas de Gestão e Mobilidade Urbana. *Revista da Faculdade de Direito da UERJ*, v.1, n. 19.

Miotto, R. (2019). 14 capitais contam com serviços de compartilhamento de bicicletas; patinetes chegam a 10. G1 [online], São Paulo. Disponível em: https://g1.globo.com/carros/noticia/2019/03/24/14-capitais-contam-com-servicos-de-compartilhamento-de-bicicletas-patinetes-chegam-a-9.ghtml. Acesso em: 25 jul. 2019.

Ministério Da Infraestrutura. Grandes Números. Disponível em: http://infraestrutura.gov.br/grandes-numeros.html. Acesso em: 15/07/2019.

Ministério Das Infraestrutura. Política Nacional de Mobilidade Urbana Sustentável. Brasília: 2018. Disponível em: http://infraestrutura.gov.br/component/content/article/113-politica-e-planejamento-de-transportes/7368-pnt.html. Acesso em: 15/07/2019.

Myers, R. M. (1990). Classical and Modern Regression with Applications. 2 ed. *Boston: Duxbury Press*.

Norman, B. (2018). Are autonomous cities our urban future? *Nature communications*, 9.

Oliver, R. L. (1993). Cognitive, affective, and attribute bases of the satisfaction response. *J. Consumer* Res. 20 (3), 418–430.

Papa E.; Lauwers D. Smart Mobility: Opportunity or Threat to Innovate Places and Cities? Belgium: Real Corp, 2015. Disponível em: <https://biblio.ugent.be/publication/5937340/file/5937341>. Acesso em: 25 jul. 2019.

Ramirez, P. E., Mariano, A. M. & Salazar E. A. (2014). Propuesta Metodológica para aplicar modelos de ecuaciones estructurales con PLS: El caso del uso de las bases de datos científicas en estudiantes universitarios. *Revista ADMpg Gestão Estratégica*. v. 7, n. 2.

Ramis, J. E. & Santos, E. A. (2012) Uso de automóveis e o caos urbano – considerações sobre o planejamento de transportes das grandes cidades. *Journal of Transport Literature*, vol. 6, n. 4, pp. 164-177.

Sassatelli, C. & Ishikawa M., (2018). Conheça os Sistemas de Compartilhamento de Bicicletas e Patinetes. *Revista Auto Esporte [online]*.

Disponível em: https://revistaautoesporte.globo.com/Noticias/noticia/2018/08/compartilhamento-de-bicicletas-grandes-cidade.html. Acesso em: 25 jul. 2019.

Saraiva, P. P., Ribeiro, L. A., Neckel, A., Silva, J. L., & Lermen, R. T. (2019). Avaliação da influência do entorno no uso das estações de bicicletas compartilhadas. urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, 11, e20180105. https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.001.AO13

Shaheen, S. A., Guzman, S. & Zhang, H. (2010). Bikesharing in Europe, the Americas, and Asia Past, Present, and Future. p. 159–167.

Shiau, W.L. & Chau, P.Y., 2016. Understanding behavioral intention to use a cloud computing classroom: A multiple model comparison approach. *Inf. Manage.* 53 (3), 355–365.

Venkatesh, V. & Davis, F.D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: four longitudinal field studies. *Manage. Sci.* 46 (2), 186–204.

Yao, Y., Liu, L., Guo, Z., Liu, Z. & Zhou, H. (2018). Experimental study on shared bike use behavior under bounded rational theory and credit supervision mechanism. *Sustainability (Switzerland)*, v. 11, n. 1.

Wang, Y., Wang, S., Wang, J., Wei, J. & Wang, C. (2018). An empirical study of consumers' intention to use ride-sharing services: using an extended technology acceptance model. *Transportation*. 1–19.

Weng, G.S., Zailani, S., Iranmanesh, M. & Hyun, S.S. (2017). Mobile taxi booking application service's continuance usage intention by users. *Transportation Res. Part D: Transport Environ*. 57, 207–216.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 20/10/2019
Aceitação/Acceptance: 31/12/2019

Modelo de análise multicritério de apoio à decisão aplicado as eleições para presidência de 2018

João Carlos Félix Souza[12], João Gabriel de Moraes Souza[3], Clóvis Neumann[1], Milena Rodrigues Santos[1], Marina Mendes Porto[1], Isabela Ribeiro[1]

joca.fs@uol.com.br; joaogabrielsouza@yahoo.com.br; clovisneumann@unb.br; milenamrsantos@gmail.com; marianmdporto@gmail.com; isabela.brileiro07@gmail.com.

[1] Universidade de Brasília/Departamento de Engenharia de Produção, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, CEP: 70.000-000, Brasília (DF), Brasil.

[2] Universidade de Brasília/PPCA – Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada - CIC/EPR, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, CEP: 70.000-000, Brasília (DF), Brasil.

[3] Universidade de Brasília/Departamento de Administração, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, CEP: 70.000-000. Brasília (DF), Brasil

Pages: 423–432

Resumo: O artigo trata de uma aplicação da metodologia de Análise Multicritério de Decisão no contexto das últimas eleições presidenciais de 2018. O objetivo é a busca de critérios, definidos por opinião de especialistas na área, direcionados para as características que influenciaram na decisão do eleitorado por um candidato. Além dessas características, avalia-se também, a importância ou pesos comparativamente às demais opções, bem como a significância estatística dos resultados. A pesquisa busca opiniões para utilização de dados reais na metodologia proposta. A partir da análise dos resultados constatou-se, na visão de especialistas, que o critério que mais influenciou a escolha do candidato, neste contexto de pesquisa eleitoral, foi a "Honestidade do Candidato". O que menos influenciou foi o item "Investimento em Campanha".

Palavras-chave: Eleições Presidenciais; Análise Multicritério; AHP; Processo de Decisão.

Multicriteria Decision support model applied to 2018 Presidency Elections

Abstract: The article deals with an application of the methodology of Multicriteria decision analysis in the context of the last presidential elections of 2018. The objective is to search for criteria, defined by the opinion of specialists in the area, directed to the characteristics that influenced the decision of the electorate by a candidate. Besides these characteristics, it also evaluates the importance or weights compared to the other options, as well as the statistical significance of the results. The research seeks opinions for the use of real data in the proposed methodology. From the analysis of the results, it was found, in the expert view, that the criterion

that most influenced the choice of the candidate, in this context of electoral research, was the "honesty of the candidate". The least influenced was the item "investment in campaign".

Keywords: Presidential Elections; Multicriteria analysis; AHP Decision-making Process.

1. Introdução

O campo de estudos em "Indicadores Sociais e Políticas Públicas" vem recebendo contribuições importantes de pesquisadores de diversas instituições – universidades, centros de pesquisa e órgãos públicos da esfera de planejamento - oriundos de diferentes áreas de conhecimento das Ciências Sociais aplicadas às engenharias.

Há um número crescente de pesquisadores, de diferentes formações disciplinares e escolas de pensamento, desenvolvendo e revisitando estudos que permitem aprofundar o diagnóstico da realidade social brasileira, propondo ferramentas de apoio à decisão quanto às ações prioritárias a serem empreendidas, implementando sistemas de informação para monitoramento de programas, aplicando metodologias mais abrangentes de avaliação do esforço (ou falta de esforço) governamental; enfim, contribuindo para o aprimoramento técnico do processo de formulação e avaliação de políticas públicas em diferentes esferas no país.

Estes sistemas buscam apoiar a decisão humana em uma atividade específica, através da aplicação de um método de inteligência computacional ou através da combinação de vários destes métodos, tendo como resultado a produção de sistemas híbridos (KOU, et. al, 2010; BOTTERO et. al, 2011; HILLERMAN et. al, 2018). Uma destas técnicas é o Apoio Multicritério à Decisão (AMD) ou Análise Multicritério, ferramenta que pode ter grande utilidade nos processos decisórios em Políticas Públicas, em situação que as decisões precisam se pautar por critérios técnicos, objetivos e transparentes e, também, incorporar os juízos de natureza política e subjetiva dos gestores públicos envolvidos.

Seu uso e importância nos ambientes de decisão na esfera pública decorrem, além da transparência e objetividade que se passa a exigir dos gestores quanto aos critérios de decisão e escolhas, da possibilidade de organizar processos coletivos de tomada de decisão, da incorporação de juízos subjetivos dos atores do processo e, por fim, da possibilidade de construir soluções e definir escolhas em bases negociadas e em consenso. Existe, porém, uma forte carência de metodologias genéricas integradas para o auxílio na análise das votações em candidatos políticos.

Verifica-se que boa parte das ferramentas de apoio existentes se volta a uma etapa específica no processo de decisão (HILLERMAN et. al, 2017). Neste sentido, podem ser aplicadas como recurso de análise isolado, entretanto, usualmente não oferecem metodologias que, ao mesmo tempo, permitam estruturar o problema, explorar seus diversos aspectos, acompanhar sua evolução, apontar caminhos mais promissores, recuperar situações passadas análogas que possam inspirar novas soluções, melhorar seu desempenho através de algum mecanismo de aprendizado. O problema a ser tratado é justamente a precariedade das abordagens de avaliação de possíveis candidatos e, logicamente, as consequências advindas da proposição de uma abordagem integrada de voto.

O objetivo principal deste artigo é demonstrar a utilização de uma metodologia para avaliação no momento de escolha do voto pelo cidadão, ou seja, buscar avaliar a adequação de diferentes alternativas (propostas) e critérios dos candidatos dentro de um contexto político. Os critérios de avaliação, compostos por objetivos e restrições, traduzem algum tipo de escolha, seja ela política, social ou econômica. A metodologia propõe a opinião de especialistas, em um ambiente para a escolha e avaliação de importância para os parâmetros disponíveis de análise de candidatos, no momento de votação eleitoral.

Para tanto, o artigo está estruturado em algumas seções mais gerais, além desta apresentação. Na seção seguinte, apresentam-se os principais conceitos e aspectos metodológicos básicos para entendimento da Análise Multicritério. Seguem-se os aspectos técnicos relativos à implementação da metodologia. Na última seção, ilustra-se por meio de diferentes aplicações, o emprego e aplicação da técnica, suas conclusões e considerações finais.

2. Revisão Teórica

A tomada de decisão é uma ação diária inerente ao ser humano, procurando sempre pela melhor alternativa entre as soluções disponíveis. Assim, o processo decisório é conhecido como o caminho mais adequado para se escolher determinado fim (REZENDE, 2002).

No contexto do atual artigo, para analisar uma certa quantidade de caminhos, ou melhor, critérios a tomada de decisão necessita ser suportada por uma metodologia, sendo essa a MDCA- *Multicriteria Decision Analysis* (KOU et al., 2010). Assim, o MDCA auxilia a escolha do "decisor" por meio do processo de determinar a melhor ordem entre as opções disponíveis.

2.1. Teoria de Análise de Decisão

O método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) é uma técnica utilizada para comparação dos critérios por pares, assim, possibilitando a classificação desses critérios através da importância relativa (TEGOU et al., 2010). Desse modo, é possível tratar os problemas de forma estruturada com hierarquia em níveis mais claros e mensuráveis (BARROS et al., 2009), sendo esse o primeiro passo do método.

Essa hierarquia, típica da AHP, apresenta no nível superior a meta do processo de tomada de decisão, no nível intermediário os critérios que afetam a decisão e no inferior as alternativas (opções) de decisão (TEGOU et al., 2010). Já o segundo passo inicia-se com decisão da prioridade dos critérios par a par, dado por meio de uma escala de comparação. Para isso utiliza-se a escala de Saaty (1980), sendo uma escala de nove pontos para expressar preferências ou julgamentos individuais (SAATY, 1996). A partir dessa escala é possível construir a matriz de comparações por pares (Tabela 1).

Escala numérica	Escala verbal	Explicação
1	*Ambos elementos são de igual importância*	*Ambos elementos contribuem com a propriedade de igual forma*
3	*Moderada importância de um elemento sobre o outro*	*A experiência e a opinião favorecem um elemento sobre o outro*

Escala numérica	Escala verbal	Explicação
5	*Forte importância de um elemento sobre o outro*	*Um elemento é fortemente favorecido*
7	*Importância muito forte de um elemento sobre o outro*	*Um elemento é muito fortemente favorecido sobre o outro*
9	*Extrema importância de um elemento sobre o outro*	*Um elemento é favorecido pelo menos com uma ordem de magnitude de diferença*
2,4,6,8	*Valores intermediários entre as opiniões adjacentes*	*Usados como valores de consenso entre as opiniões*
Incremento 0.1	*Valores intermediários na graduação mais fina de 0.1*	*Usados para graduações mais finas das opiniões*

Tabela 1 – Escala numérica de Saaty.

Os passos seguintes, segundo Tegou et. al (2010), após a criação da matriz deve-se somar os valores de cada coluna, normalizar a matriz de comparação e calcular a média de cada linha da matriz normalizada.

A metodologia AHP tem sido aceita como uma ferramenta de tomada de decisão multicritério, robusta e flexível, para lidar com problemas complexos de decisão pela comunidade científica internacional (BOTTERO et al., 2011). Desse modo, dentre os pontos fortes do método, pode-se citar a possibilidade de resolver problemas complexos por meio da decomposição em critérios que podem ser resolvidos e sintetizados analiticamente. A estruturação é feita por meio de desenhos organizados dos elementos que serão avaliados, hierarquicamente, oferecendo aos gestores uma visão holística da situação (BOAS, 2006).

3. Metodologia

Um dos desdobramentos do objetivo consiste em definir, utilizando o método de Análise Hierárquica de Processos (AHP), os fatores que influenciam um eleitor na decisão por um candidato. Desta forma, justifica que a pesquisa seja classificada como descritiva, documental e quantitativa.

A aplicação do método AHP pode ser dividida em duas fases: estruturação e avaliação (BOAS, 2006). A fase de estruturação envolve a decomposição do problema em uma estrutura hierárquica. Já a fase de avaliação é caracterizada pela definição do tipo de problema a ser adotado (BARROS, 2009).

Para esta aplicação, bem como no modelo geral do AHP, o problema foi decomposto em uma estrutura hierárquica descendente. Os principais inputs para a construção dessa hierarquia foram as respostas obtidas para uma série de perguntas que possuíam a forma geral: “Qual é a importância do critério 1 em relação ao critério 2?” e assim sucessivamente com todos os critérios. Esse procedimento, conhecido por comparação par a par (pairwise comparison), é utilizado para estimar a escala fundamental unidimensional em que os elementos de cada nível são medidos (SAATY, 1996)

A metodologia utilizada, portanto, baseia-se na comparação entre pares de critérios na construção de uma matriz quadrada, onde o número na linha i e na coluna j dá a importância do critério Ci em relação à Cj, com o fim de obter o "ranqueamento" dos critérios por meio de seus indicadores coletados e apurados via formulário.

As comparações par a par, que foram expressadas em termos linguísticos/verbais, posteriormente foram convertidas em valores numéricos usando a Escala Fundamental de Saaty para julgamentos comparativos, como foi especificado na Tabela 1, utilizou-se uma escala de valores de 1 a 9. Desta forma, o grau de importância do elemento de um determinado nível é medido sobre elementos de um nível inferior (WALLENIUS et al., 2008). Em seguida, as matrizes são submetidas ao cálculo do autovetor, que calcula os pesos locais e globais para cada critério nos diversos níveis hierárquicos e em relação às alternativas em análise (ZANAKIS et al., 1998). O autovetor da matriz deve ser formalizado através do cálculo da proporção de cada elemento em relação à soma, como pode se observar na expressão abaixo, onde T é o autovetor normalizado.

$$T = \left| W_1/\sum W_i \quad W_2/\sum W_i \quad \ldots \quad W_n/\sum W_i \right| \tag{1}$$

Com o resultado do autovetor, é possível obter a hierarquia ou ordem de prioridade das características estudadas. Com as importâncias relativas e os níveis de preferência das alternativas identificados, efetuou-se a valoração global de cada uma das alternativas, de acordo com o método da soma ponderada, conforme equação (2) abaixo, onde: V(a) corresponde ao valor global da alternativa analisada; pj à importância relativa do critério j e vj o nível de preferência da alternativa analisada no critério j (ALENCAR e ALMEIDA, 2008).

$$V(a) = \sum_{j=1}^{n} p_j v_j(a) \qquad \text{com} \quad \sum_{j=1}^{n} p_j = 1 \text{ e } 0 < p_j < 1 \ (j = 1, \ldots, n) \tag{2}$$

A partir da execução dos procedimentos descritos é possível concluir a hierarquia de critérios que pode ser utilizada como subsídio para a tomada de decisão no contexto do artigo em "voto político".

A coleta de dados para a análise foi realizada através de um formulário via internet com 32 respondentes selecionados, sob anonimato e considerados, pelos pesquisadores, com elevado conhecimento político e especialistas em eleições. Os pesquisados são jornalistas, comentaristas políticos, profissionais da imprensa e formadores de opinião. Foram coletadas as percepções de escolha dos respondentes quanto ao sentimento e conhecimento do que os eleitores, em geral, levaram em consideração quando precisaram escolher um candidato para votarem. Inicialmente, separou-se 8 grupos de 4 pessoas com afinidade profissional e, supostamente, com opiniões semelhantes para a composição dos 11 critérios (brainstorming). Com o resultado dos oito grupos e definição dos critérios e consenso do grupo, aplicaram-se os questionários, dentro destes mesmos grupos e entre seus elementos, para a comparação par a par dos critérios.

Foram extraídos os indicadores de atividade utilizando a mediana dos resultados da tabela de Saaty. Em seguida, aplicou-se o método AHP para estabelecimento

dos rankings. Devido a sua simplicidade, robustez e capacidade de avaliar fatores qualitativos e quantitativos, sejam eles, tangíveis ou intangíveis, o método é adequado para sistematizar uma ampla gama de problemas de decisão nos contextos: econômico, político, social e ambiental (ALMEIDA, 2001; ALENCAR e ALMEIDA, 2008).

Posteriormente, em cada grupo usou-se, para testar a homogeneidade dos grupos segundo o resultado do "rankeamento" dos critérios o coeficiente de concordância de Kendall (w). Quando se tem k o número de indivíduos e N o conjunto de postos ou critérios o coeficiente de concordância de Kendall (w) pode determinar a associação entre eles. Segundo este teste, para grandes amostras, $N > 7$, existe uma distribuição Qui-quadrado $\chi 2$ e uma probabilidade ($p < 0.05$, por exemplo) associada a ocorrência, sob H0, de qualquer valor tão grande quanto um w observado (SIEGEL, 1975). Na aplicação deste trabalho usou-se os 8 grupos homogêneos como o número de indivíduos ou "juízes" ($k = 8$) e N igual ao número de critérios ($N = 11$).

4. Análise dos Resultados

Diante da metodologia proposta, foram aplicados questionários que captaram respostas com comparações entre 11 critérios relacionados aos fatores levados em conta no momento da votação. A partir das respostas, obtivemos alguns resultados apresentados e posteriormente discutidos.

Foram seguidos seis passos para análise e elaboração dos resultados "ranqueados", são eles:

1. Definição do problema e dos critérios: Após definido o objetivo do problema. No caso deste artigo a comparação entre dois candidatos à Presidência da República, foram escolhidos os critérios de comparação em consenso dentro e entre os grupos (brainstorming). Os critérios estão elencados na tabela 2:

	Critérios
C1	*Organização do partido;*
C2	*Índice de rejeição do candidato;*
C3	*Identificação popular com o partido do candidato;*
C4	*Avaliação da honestidade do cadidato;*
C5	*Competência do candidato;*
C6	*Tempo de horário gratuito;*
C7	*Investimento em campanha;*
C8	*Risco da candidato para a estabibidade econômica;*
C9	*Empatia com o eleitor;*
C10	*Tratamento da mídia com o candidato;*
C11	*Alinhamento do candidato com o governo atual*

Tabela 2 – Critérios selecionados

2. Logo após foi feita a construção da estrutura hierárquica em três níveis, conforme Figura 1:

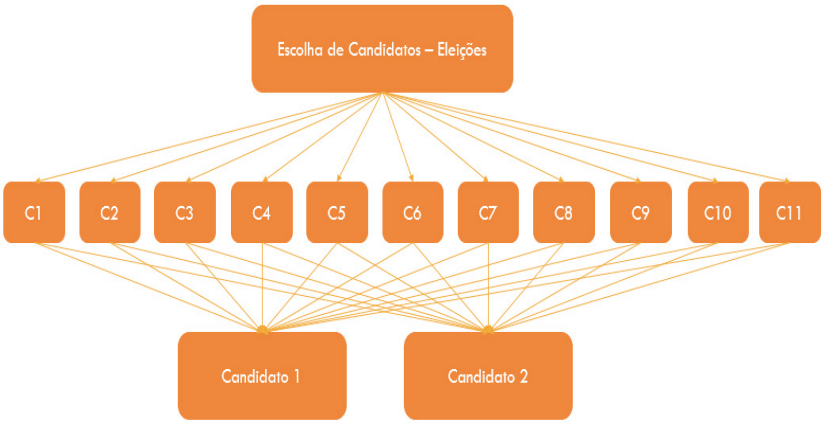


Figura 1 – Estrutura Hierárquica.

3. Posteriormente, iniciou-se a construção das matrizes para cada critério de comparação par a par, a comparação utiliza-se da escala de Saaty (1980) ou também chamada de escala fundamental com variação de 1 a 9, conforme Tabela 1 mostrada anteriormente.
4. A seguir é apresentada a matriz com os resultados das comparações par a par, usou-se a mediana dos 8 grupos como parâmetro (Figura 2):

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
C1	1	6	1/6	1/7	1/7	1/7	6	1/7	1/7	5	5
C2	1/6	1	1/6	1/7	1/7	6	6	1/7	1/6	6	5
C3	6	6	1	1/7	1/7	6	5	1/7	1/6	5	5
C4	7	7	7	1	5	7	7	5	6	7	7
C5	7	7	7	1/5	1	8	8	5	7	7	7
C6	7	1/6	1/6	1/7	1/8	1	1/4	1/7	1/6	1/4	1/6
C7	1/6	1/6	1/5	1/7	1/8	4	1	1/6	1/6	1/4	1/6
C8	7	7	7	1/5	1/5	7	6	1	7	7	7
C9	7	6	6	1/6	1/7	6	6	1/7	1	6	6
C10	1/5	1/6	1/5	1/7	1/7	4	4	1/7	1/6	1	1/5
C11	1/5	1/5	1/5	1/7	1/7	6	6	1/7	1/6	5	1

Figura 2 – Matriz de Comparação de Critérios.

5. A fim de calcular os autovetores, foi dividido o valor da ponderação da Figura 2 pela soma das ponderações de cada critério.

6. O próximo passo foi calcular a soma ponderada relacionada aos valores encontrados pela comparação par a par multiplicado pelos pesos de cada critério. E por fim, realiza-se o somatório da ponderação anterior (Figura 3).

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
C1	1,00	0,68	0,01	0,00	0,00	0,02	0,92	0,00	0,01	0,69	0,60
C2	0,02	1,00	0,01	0,00	0,00	0,92	0,92	0,00	0,01	0,82	0,60
C3	0,71	0,68	1,00	0,00	0,00	0,92	0,77	0,00	0,01	0,69	0,60
C4	0,83	0,79	0,57	1,00	0,10	1,07	1,07	0,17	0,37	0,96	0,85
C5	0,83	0,79	0,57	0,00	1,00	1,22	1,23	0,17	0,43	0,96	0,85
C6	0,83	0,02	0,01	0,00	0,00	1,00	0,04	0,00	0,01	0,03	0,02
C7	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,61	1,00	0,01	0,01	0,03	0,02
C8	0,83	0,79	0,57	0,00	0,00	1,07	0,92	1,00	0,43	0,96	0,85
C9	0,83	0,68	0,48	0,00	0,00	0,92	0,92	0,00	1,00	0,82	0,73
C10	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,61	0,61	0,00	0,01	1,00	0,02
C11	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,92	0,92	0,00	0,01	0,69	1,00
Soma	**5,95**	**5,49**	**3,27**	**1,01**	**1,13**	**9,29**	**9,32**	**1,38**	**2,30**	**7,67**	**6,14**
Média	0,54	0,50	0,30	0,09	0,10	0,84	0,85	0,13	0,21	0,70	0,56
Pesos	0,12	0,11	0,08	0,01	0,02	0,15	0,15	0,03	0,06	0,14	0,12

Figura 3 – Tabela de cálculo das ponderações.

A partir dos cálculos acima podemos obter a ordem dos critérios pelas ponderações, segue a Tabela 3 com o resultado dessas hierarquizações:

	Critérios	**Valores ponderados**	**Ordem**
C1	*Organização do partido;*	*5,95*	*7*
C2	*Índice de rejeição do candidato;*	*5,49*	*6*
C3	*Identificação popular com o partido do candidato;*	*3,27*	*5*
C4	*Avaliação da honestidade do cadidato;*	*1,01*	*1*
C5	*Competência do candidato;*	*1,13*	*2*
C6	*Tempo de horário gratuito;*	*9,29*	*10*
C7	*Investimento em campanha;*	*9,32*	*11*
C8	*Risco da candidato para a estabibidade econômica;*	*1,38*	*3*
C9	*Empatia com o eleitor;*	*2,30*	*4*
C10	*Tratamento da mídia com o candidato;*	*7,67*	*9*
C11	*Alinhamento do candidato com o governo atual*	*6,14*	*8*

Tabela 3 – Tabela de hierarquização dos critérios

Os resultados apresentaram a ordem dos critérios segundo a opinião dos pesquisados em relação a percepção deles sobre os eleitores, isto é, segundo os especialistas sobre os eleitores. Cabe observar que nos cálculos dos "Valores ponderados" estes foram invertidos para dar uma ordem crescente de prioridade e de importância dos critérios, a fim de que se possa melhor aproveitar e utilizar, com maior acurácia, o teste de Kendall.

O resultado do Teste de Kendall é de w = 0,784 com k = 8 (número de grupos homogêneos), N = 11 (número de critérios) e valor da estatística $\chi 2 = k(N - 1)w = 62,7$ para (N – 1) = 10 graus de liberdade, conclui-se, portanto, com considerável segurança (sob H0, p < 0,001), que a concordância entre os 8 grupos é maior do que se poderia esperar por mero acaso (SIEGEL, 1975). Desta maneira, atesta-se, significativamente, a ordem dos critérios.

Percebe-se que, diante disto, os itens dos critérios 1, 2 e 3, "Avaliação da Honestidade do Candidato", "Competência do Candidato" e "Risco do Candidato para Estabilidade Econômica", respectivamente, foram os itens de maior impacto e grau de importância. Dois itens se destacaram, entre onze critérios, como de pouco impacto para a escolha do candidato (na visão dos especialistas), isto é, "Tempo de Horário de Campanha" na mídia tradicional e "Investimento em Campanha".

5. Conclusão

Com os resultados da pesquisa online e de acordo com a opinião dos especialistas pesquisados, pode-se identificar o critério que mais influência a opinião do eleitor no que diz respeito a escolha do candidato.

Sendo assim, os critérios com maior impacto, ou seja, que mais influenciaram na escolha de um candidato, segundo a análise dos especialistas, para avaliação do eleitorado das eleições presidenciais de 2018 foram os itens "Avaliação da Honestidade do Candidato", "Competência do Candidato" e "Risco do Candidato para Estabilidade Econômica", respectivamente. Classificados por último foram os itens "Tempo de Horário de Campanha" e "Investimento em Campanha".

A estratégia do candidato vencedor ao anunciar, antes das eleições, os dois Ministros considerados mais influentes (Economia e Justiça) foi de fundamental importância para o resultado final das eleições. O resultado da pesquisa, perceptível pelos pesquisados, refletiu a situação política do país, uma vez que diversos escândalos de corrupção e a fragilidade dos fundamentos macroeconômicos se mostraram influentes na escolha do candidato pelo eleitor. Da mesma forma, a percepção dos especialistas quanto ao resultado dos votos também correspondeu a realidade nos itens classificados por último ("Tempo de Horário de Campanha" e "Investimento em Campanha").

Muito embora a pesquisa de opinião tenha sido feita pós-eleição, provavelmente, se o fosse antes das eleições, a posição destes dois itens não seriam as últimas na escala de prioridade para expectativa de resultados na votação. Portanto, o resultado retratou a opinião dos especialistas com resultados já definidos. Sabe-se hoje que dois itens prioritários foram fundamentais para eleger o atual presidente. Isto é, a "Honestidade" e "pouca verba de campanha" foram as principais características percebidas nestas eleições.

Sugestão para as próximas pesquisas é que se faça um levantamento anterior ao pleito. Desta maneira, pode-se perceber se, realmente, os especialistas acompanham com fidedignidade a tendência do eleitor. Outra sugestão seria a separação de grupos heterogêneos e homogêneos entre si, para avaliar melhor a diferença de opinião entre os grupos.

Referências

Alencar, L. H.; Almeida, A. T. (2008). *Multicriteria decision group modelfor suppliers selection*. Pesquisa Operacional, 28, 153-337.

Almeida, A. T. (2001). *Repair contract decision model trough additive utility function. Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 7 (1), 42-48.

Barros, M.S.; Marins, C.S.; Souza, D.O. (2009). O uso do método de análise hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais – um estudo de caso. XLI SBPO - Pesquisa Operacional na Gestão do Conhecimento. Rio de janeiro.

Boas, C. L. V. (2006). Modelo multicritérios de apoio à decisão aplicado ao uso múltiplo de reservatórios: estudo da barragem do Ribeirão João Leite. Dissertação (Mestrado em Economia - Gestão Econômica do Meio Ambiente) - Departamento de Economia, Universidade de Brasília, Brasília.

Bottero, M.; Comino, E.; Riggio, V. (2011). *Application of the analytic hierarchy process and the analytic network process for the assessment of different wastewater treatment systems. Environmental Modelling & Software*, 26 (10), 1211-1224.

Hillerman, T., Souza, JCF, Reis, ACB & Carvalho, RN. (2017). Applying clustering and AHP methods for evaluating suspect healthcare. Journal of Computational Science, 19, 97-111.

Kou, G.; SHI, Y.; WANG, S. (2010). *Multiple criteria decision making and decision support systems – Guest editor's introduction*. Elsevier.

Rezende, G. L. (2003). Monitoração ambiental e o processo decisório em pequenas empresas: a utilização de informações do ambiente externo por executivos de indústrias de móveis de design do sudeste brasileiro. Perspectiva da Ciência da Informação, Belo Horizonte, 1 (8), 96-101.

Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill.

Saaty, T. L. (1996). *The analytic network process*. RWS Publications.

Siegel, S. (1975). Estatística Não-Paramétrica (Para as Ciências do Comportamento), (pp. 258 – 264). Editora McGraw-Hill do Brasil.

Tegou, L-I.; Polatidis, H.; Haralambopoulos, D. A. (2010). *Environmental management framework for wind farm siting: Methodology and case study. Journal of environmental management,* 91 (11), 2134-2147.

Wallenius, J.; Dyer, J. S.; Fishburn, P. C.; Steuer, R. E.; Zionts, S.; DEB, K. (2008). *Multiple Criteria Decision Making, Multiatribute Utility Teory: recente accomplishments and what lies ahead. Management Science*, 54 (7), 1336 – 1349.

Zanakis, S. H., Solomon, A.; Wishart, N.; Dublish, S. (1998). *Multi-attribute decision making: A simulation comparision of select methods. European Journal of Operation Research*, 107 (3), 507-529.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 17/09/2019
Aceitação/Acceptance: 25/11/2019

Aplicación Lógica Difusa y AHP en caso de Estudio Ecuatoriano de Logística humanitaria

Rosa Galleguillos-Pozo[1], Edisson P. Jordan-H[2], Marcelo V. Garcia[2,3].

rosa.galleguillos@upc.edu, edissonpjordan@uta.edu.ec, mv.garcia@uta.edu.ec

[1] Universidad Politécnica de Catalunya, 08028, Barcelona, España.

[2] Universidad Tecnica de Ambato, 180103, Ambato, Ecuador.

[3] University of Basque Country, 48013, Bilbao, Spain.

Pages: 433–444

Resumen: El objetivo de esta investigación es proponer un Sistema de Apoyo a las Decisiones (DSS) a través de la integración de Proceso Jerárquico de Redes (AHP) y lógica difusa para la selección del centro de acopio general y los centros de acopios parroquiales cuando ocurran desastres naturales centrándose como caso de estudio la ciudad de Ambato en Ecuador. Este estudio utiliza el método AHP-Fuzzy para dar una valoración a las opiniones de los decisores u actores entre las alternativas y criterios establecidos para definir la ubicación más adecuada. También se demuestra empíricamente la importancia de coordinar y seleccionar las zonas seguras para establecer los centros de acopio.

Palabras-clave: Logística humanitaria; Desastres Naturales; AHP; Lógica difusa; Sistema de Apoyo a las Decisiones (DSS).

Fuzzy and AHP Application in Ecuadorian Case of Humanitarian Logistics

Abstract: The aim of this research is to propose a Decision Support System (DSS) through the integration of the Hierarchical Network Process (AHP) and fuzzy logic for the selection of the general collection center and the parish collection centers when disasters naturally happen, focusing as a case study the city of Ambato in Ecuador. This study uses the AHP-Fuzzy method to assess the opinions of the decision-makers or actors among the established alternatives and criteria to define the most appropriate location. The importance of coordinating and selecting the safe areas to establish the collection centers is also empirically demonstrated.

Keywords*:* Humanitarian Logistics; Natural Disasters; ProcessHierarchical Analytic (AHP); Fuzzy.

1. Introducción

De acuerdo a la Oficina de Asistencia de Desastres en el Extranjero y el Centro de Investigación sobre Epidemiología de Desastres, en 2010 más de 297,000 personas

murieron y más de 217 millones fueron afectadas por desastres naturales, el daño económico se ha estimado en más de 123.900 millones de dólares (Anjomshoae, Hassan, & Wong, 2019; Caruso, 2017).

En la actualidad la logística humanitaria se ha convertido en un tema mundialmente preocupante, ya que los desastres naturales se producen inesperadamente en cualquier parte del mundo. Por ejemplo, en mayo de 2008 un terremoto de magnitud 7.9 golpeó a Sichuan, suroeste de China, generando miles de víctimas atrapadas bajo tierra, tuvieron grandes problemas de logística de emergencia y rescate por una ineficiente gestión de socorro (Zhang, Song, Peng, & Wu, 2019). En enero del 2010 un terremoto de 7 grados en la escala de Richter destruyó el 95 % de Haití. En este caso falló la estrategia integral de salud, saneamiento y agua potable, generando la propagación de enfermedades, con lo que se constató claramente la escasa cultura preventiva de la población, la inexistente logística de distribución de ayuda humanitaria y la inadecuada planificación urbanística (Cavallo, Galiani, Noy, & Pantano, 2013). En el 2010 la erupción del volcán islandés provocó la interrupción de los vuelos de toda Europa, lo que afectó gravemente a las cadenas de suministro de importaciones y exportaciones que dependen del transporte aéreo, como alimentos y flores (Chen, Emma, & Yang, 2015).

La gestión eficiente en situaciones de emergencias es uno de los principales problemas de la sociedad actual. El desarrollo de herramientas para el apoyo de la toma de decisiones es un tema extremadamente importante y oportuno. De hecho, cuando ocurre un desastre, es trascendental optimizar el uso de recursos (los que son escasos) y administrar de manera eficiente las ayudas entregadas por diversas organizaciones de socorro. La planificación inteligente para las operaciones de distribución es ciertamente necesaria, ya que, el transporte es fundamental para entregar ayuda en el momento correcto y en el lugar correcto (Liberatore, Ortuño, Tirado, Vitoriano, & Scaparra, 2014). Muchos factores generan dificultades de coordinación en el alivio de desastres, como el entorno de socorro post-desastre inherentemente caótico, la gran cantidad y variedad de actores involucrados en el alivio de desastres y la falta de recursos suficientes. A pesar de los continuos desafíos y algunas iniciativas fallidas, la coordinación está recibiendo mayor atención debido a la creciente escasez de recursos globales, las preocupaciones sobre la rendición de cuentas y las oportunidades potenciales proporcionadas por los avances en las tecnologías de la información global (Hoque, Tasfia, Ahmed, & Pradhan, 2019).

La Logística Humanitaria, tiene como objetivos velocidad y equidad de distribución, así como la seguridad y confiabilidad de las rutas de distribución (Liberatore et al., 2014). Aunque la investigación en Logística Humanitaria es aun relativamente nueva, en los últimos años se ha propuesto algunos modelos importantes de mencionar. Como el diseño de un sistema de suministro con un almacén intermedio para distribuir artículos de socorro a las personas afectadas por un desastre, proponen un problema de tres objetivos considerando las funciones económicas a mediano plazo, económicas y humanitarias a corto plazo. El programa se resuelve mediante una heurística matemática (Kovacs & Moshtari, 2019).

Otro modelo a mencionar es un sistema de apoyo a la toma de decisiones para las organizaciones a cargo de la distribución de ayuda humanitaria, llamado HADS (Humanitarian Aid Distribution System). El modelo consiste en un problema de

distribución multicriterio. El mejor equilibrio entre los criterios se encuentra mediante el uso de un enfoque de programación de objetivos lexicográficos (Ortuño, Vitoriano, & Tirado, 2011). También existe el caso de un enfoque híbrido de optimización de agrupamiento difuso para la operación de distribución conjunta de logística de emergencia que responde a las demandas urgentes de socorro en el período crucial de rescate. El estudio numérico se realizó con un terremoto real producido en Taiwán y al comparar el método de distribución logístico propuesto con la estrategia existente se obtiene que el sistema logístico de emergencia actual podría mejorarse hasta en un 30,6% (Skilodimou, Bathrellos, Chousianitis, Youssef, & Pradhan, 2019).

El cantón Ambato históricamente ha sufrido graves consecuencias por amenazas de origen natural, la generación de estos eventos adversos ha ocasionado: muertes, pérdidas económicas y materiales como indica la documentación investigada; los impactos de mayor desgracia han sido causados por: sismos y erupciones volcánicas. Los sismos han ocasionado destrucción de líneas vitales (agua, alcantarillado, luz, otros), daños de consideración en gran parte de la infraestructura civil, muertes y personas gravemente heridas y pérdidas económicas. A pesar de conocer que históricamente el cantón Ambato ha sufrido impactos negativos por desastres naturales los actores que intervienen (ciudadanía, autoridades e instituciones), en su gran mayoría no se encuentran preparados para enfrentar adecuadamente el suceso de este tipo de eventos adversos (Velasteguí Hernández, 2017).

En consecuencia, este estudio presenta un modelo para seleccionar la mejor ubicación de los centros de acopio parroquiales y centro de acopio general para estudio de caso ecuatoriano, el que permitirá mejorar la velocidad de la respuesta en la coordinación de los flujos logísticos de socorro basados en la cadena en una red de suministro de socorro durante el período de rescate justo después de la ocurrencia de un desastre natural grave. Con el objetivo de identificar las zonas seguras en función de los expertos y actores involucrados.

2. Metodología Propuesta

El proceso de toma de decisiones propuesto en este documento se organizó en tres fases:

2.1. Fase 1: Seleccionar el caso de estudio y zona seguras para aplicar la metodología.

La aplicación del AHP-Fuzzy se realizó en caso de estudio de Ecuador, específicamente en el cantón Ambato. La determinación de las zonas seguras en el cantón Ambato se realizó en base al Código Sísmico de construcción (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda Ecuador, 2014), que establece que no se pueden construir nuevas estructuras ubicadas a menos de 50 metros de fallas geológicas sísmicamente activas, es por eso que para definir los espacios abiertos se han excluido los recursos que cruzan con las fallas geológicas o que se encuentran en distancias menores a la considerada.

En este paso también se utiliza el software ArcGIS el que permite realizar una la valoración paisajística utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG). El SIG permite realizar la cartografía del Cantón Ambato y la representación de los distintos elementos

que se encuentran en el lugar. Estudios anteriores establecieron las zonas seguras del cantón Ambato (Sánchez Lopera & Lerma García, 2012; Velasteguí Hernández, 2017).

2.2. Fase 2: Integración metodologías AHP-Fuzzy.

La selección o toma de decisiones se complica a medida que se incrementa la complejidad de los problemas, o las situaciones son menos estructuradas e intervienen numerosos escenarios, actores y factores, haciéndose necesario mayor información y razonamiento.

Lo anterior se simplifica con la metodología AHP-Fuzzy (AHP-F) que utiliza comparaciones entre pares de elementos, construyendo matrices a partir de estas comparaciones, y usando elementos del álgebra matricial para establecer prioridades entre los elementos de un nivel, con respecto a un elemento del nivel inmediatamente superior. Cuando las prioridades de los elementos en cada nivel se tienen definidas, se agregan para obtener las prioridades globales frente al objetivo principal. Los resultados frente a las alternativas se convierten entonces en un importante elemento de soporte para quien debe tomar la decisión.

En la metodología AHP-F los pesos de importancia de cada criterio pueden obtenerse mediante una asignación directa basada en las experiencias de los expertos o mediante el uso de comparaciones de criterios por pares. En la Tabla 1 se muestra las variables lingüísticas para el criterio de calificación.

Términos lingüísticos	Puntaje difuso
Muy pobre (VP)	(0, 0, 1)
Pobre (P)	(0, 1, 3)
Medio pobre (MP)	(1, 3, 5)
Justo (F)	(3, 5, 7)
Medio bueno (MG)	(5, 7, 9)
Buen g)	(7, 9, 10)
Muy bueno (VG)	(9, 10, 10)

Tabla 1 – Variables lingüísticas difusas

Otra definición importante en el tratamiento de la vaguedad del pensamiento humano (Zadeh, 1965), que se plantea en la teoría de conjuntos difusos, es que se orienta a la racionalidad de la incertidumbre debido a la imprecisión de los decisores. Una contribución importante de la teoría de conjuntos difusos es su capacidad de representar datos vagos. Estos datos forman un conjunto de datos difusos los que se represen a través de una función con grados de membresía o pertenencia. Tal conjunto se caracteriza por una función de pertenencia (característica), que asigna a cada objeto un grado de pertenencia que varía entre cero y uno. La función de pertenencia característica para representar la toma de decisiones en personas diversas es la función o número difuso triangular. Un número difuso triangular (TFN), M̃ se muestra en la Figura 1. Un TFN se denota simplemente como ($l \mid m$, $m \mid u$) o (l , m , u). Los parámetros l, m y u,

respectivamente, denotan el valor más pequeño posible, el valor más prometedor y el mayor valor posible que describe un evento difuso (Kaya & Kahraman, 2010).

A continuación, se presenta en líneas generales la integración del AHP difuso. Sea $X = \{x_1, x_2, ..., x_n\}$ un conjunto de objetos y $U = \{u_1, u_2, ..., u_m\}$ un conjunto de objetivos. De acuerdo con el método de análisis de extensión se toma cada objeto y se realiza un análisis de extensión para cada objetivo, g_i, respectivamente (Kaya & Kahraman, 2010). Por lo tanto, se pueden obtener valores de análisis de extensión m para cada objeto, con los siguientes signos M_{gi}^1, M_{gi}^2,..., M_{gi}^m, i=1, 2, ..., n. Donde todos los M_{gi}^j (j=1, 2,..,m) son TFNs (número difuso triangular).

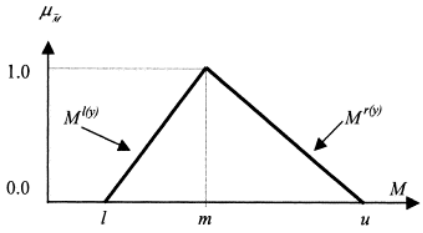


Figura 1 – Un número difuso triangular, $\tilde{M}$.

Los pasos del análisis de extensión son:

Paso 1: El valor de la extensión sintética difusa con respecto al i-esimo objeto se define como indica la ecuación 1:

$$S_i = \sum j = 1mM_{gi}^j \otimes \sum i = 1n \sum j = 1mM_{gi}^{j-1} \quad (1)$$

Para obtener $\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^j$, realizar la operación de adicción difusa de los valores de análisis de extensión m para una matriz particular tal que (ver ecuación 2)

$$\sum j = imM_{gi}^j = \sum j = 1ml_j, \sum j = 1mm_j, \sum j = 1mu_j \quad (2)$$

Y para obtener $[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^j]^{-1}$, como muestra la ecuación 3 se debe realizar la operación de adición difusa de M_{gi}^j(j=1,2,...,m) valores tales que

$$\sum i = 1n \sum j = 1mM_{gi}^j = \sum i = 1nl_{ij}, \sum i = 1nm_i, \sum i = 1nu_i \quad (3)$$

Y luego se calcula el inverso del vector de la ecuación 3 tal que (ver ecuación 4)

$$\sum i = 1n \sum j = 1mM_{gi}^{j-1} = 1 \sum_{i=1}^{n} u_i, 1 \sum_{i=1}^{n} m_i, 1 \sum_{i=1}^{n} l_i \quad (4)$$

Paso 2: El grado de posibilidad de $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geqslant M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ se define como lo indica la ecuación 5

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup y \geq x\left[\min\left(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y)\right)\right] \tag{5}$$

Y se puede expresar en forma equivalente de acuerdo a lo mostrado en la ecuación 6:

$$\begin{aligned} &V(M_2 \geq M_1) = hgt\left(M_1 \cap M_2\right) = \mu_{M_2}(d) = 1, \quad if \quad m_2 \geq m_1, 0, \\ &if \quad l_1 \geq \mu_2, l_1 - \mu_2(m_2 - \mu_2) - (m_1 - l_1) \end{aligned} \tag{6}$$

Donde d es la ordenada del punto de intersección mas alto D entre μ_{M_1} y μ_{M_2} como se puede ver en la Figura 2.

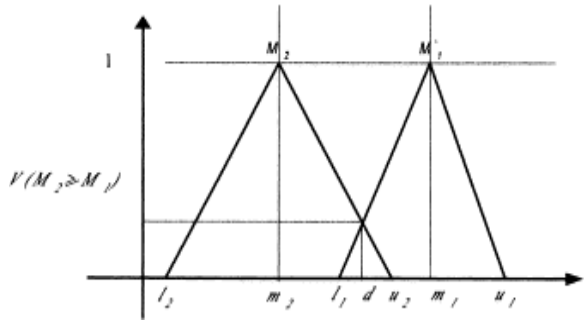


Figura 2 – La intersección entre M 1 y M 2.

Para comparar M_1 y M_2, necesitamos los valores de $V(M_1 \geqslant M_2)$ y $V(M_2 \geqslant M_1)$.

Paso 3: La posibilidad de grado para que un número difuso convexo sea mayor que k números difusos convexos M_i (i=1,2,...,k) se puede definir por (ver ecuación 7)

$$\begin{aligned} &V(M \geq M_1, M_2, ...M_k) = V\left[\left(M \geq M_1\right)\right] y\left[\left(M \geq M_2\right)\right] y... \\ &y\left[\left(M \geq M_k\right)\right] = \min V\left[\left(M \geq M_1\right)\right], i = 1, 2, 3.., k \end{aligned} \tag{7}$$

Suponiendo que d'$(A_i) = \min V\left[\left(S_i \geq S_k\right)\right]$. Para *k=1,2,...,n; k≠i.* Entonces el vector de peso viene dado por la ecuación 8.

$$W' = \left(d'\left(A_1\right), d'\left(A_2\right), ..., d'\left(A_n\right)\right)^T \tag{8}$$

Donde A_i (i=1,2,...,n) son n elementos.

Paso 4: A través de la normalización, lo vectores de peso normalizados son de acuerdo con lo presentado en la ecuación 9.

$$W = \left(d\left(A_1\right), d\left(A_2\right), ..., d\left(A_n\right)\right)^T \quad (9)$$

Donde W es un número no difuso y T es traspuesta.

3. Aplicación de metodología diseñada a caso de estudio ecuatoriano.

La aplicación de los métodos señalados anteriormente se desarrolla en los siguientes pasos:

3.1. Paso 1: Seleccionar el caso de estudio y zona seguras para aplicar la metodología.

Ambato, geográficamente está ubicada en una zona de alto riesgo por eventos adversos relacionados con la ciencia de la geología y está propenso a sufrir afectación por sismos y/o erupciones volcánicas. Tampoco existe cultura de logística humanitaria en Ecuador ni Ambato motivo por el que se establece importante definir la metodología y un marco de trabajo adecuado para distribuir y abastecer la ayuda humanitaria a las zonas afectadas.

Las zonas establecidas como puntos seguros son la infraestructura pública que no se encuentre próxima a una falla geológica, es decir, infraestructuras civiles (unidades de salud, hospitales, unidades educativas; y espacios abiertos como parques, canchas, estadios y coliseos) que se encuentran en zonas seguras por lo que se define cuál de estas, es la óptima en cada parroquia del cantón Ambato. Las excepciones se muestran en la

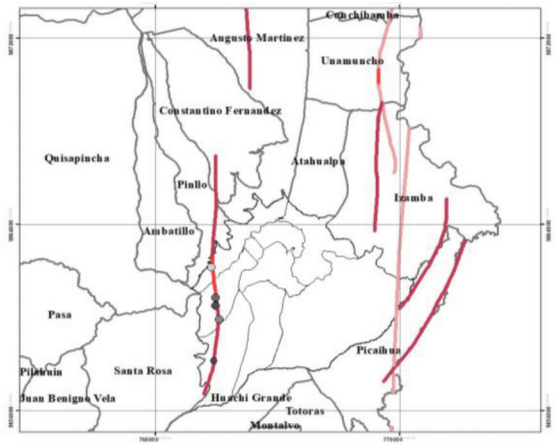


Figura 3 – Zonas inseguras en el cantón Ambato.

Figura 3, en la cual se observan los espacios que sí se encuentran sobre fallas geológicas, las que son representadas por las líneas rojas y se excluyen en este estudio, entre las que se pueden mencionar: Los Parques Casigana, Chasinato, La Cantera, Los Sauces, Nicolás Martínez, Samanga, La cantera Paseo Ecológico, las Canchas del Barrio los Girasoles, Urb. Los Ceibos, Complejo Deportivo y recreacional Los Sauces.

3.2. Paso 2: Selección de Centro Acopio por parroquia con AHP-Fuzzy

Velasteguí Hernandez (2017) utiliza AHP para la selección de los centros de acopio parroquiales y el método de centro de gravedad para seleccionar el centro de acopio general. Para el primer el AHP (original) tiene la desventaja que es insuficiente e impreciso para captar adecuadamente los juicios correctos de los tomadores de decisiones, por lo anterior se aplica la variación de AHP-Difuso (FAHP), el que permite hacer frente a la incertidumbre que se genera debido a la imprecisión o vaguedad de los decisores(Borensztein, Cavallo, & Jeanne, 2017). En el segundo caso se utiliza el método del centro de gravedad para determinar la mejor ubicación de una instalación en base a la ubicación geográfica de los puntos meta (para nuestro caso los recursos de infraestructura civil), pero la posibilidad de que la solución propuesta por el método se inviable es alta ya que puede sugerir que el punto óptimo se encuentre en un rio, mar o espacio que no se puede utilizar por distintas razones, la probabilidad de este error aumenta debido a lo accidentado geográficamente de Ecuador, y más aún el cantón Ambato. Por lo anterior y debido a lo importante de seleccionar un lugar adecuado también se aplicará AHP-Difuso.

El proceso de toma de decisiones difuso propuesto en este documento se organizó como se muestra la Figura 4. Se establecen tres niveles: (i) el primer nivel es el Objetivo: encontrar un Punto Seguro para el centro de acopio por Parroquia. (ii) El segundo nivel se plantean 5 criterios de decisión son: C1. Acceso a vías; C2. Espacio Disponible; C3. Efectos sociales el que depende de las tradiciones culturales del sector rural; C4. Recursos de la infraestructura; C5. Tiempo de Traslado. (ii) Las Alternativas son el tercer nivel y la componen la infraestructura civil pública como unidades de salud, hospitales, unidades educativas; y espacios abiertos como parques, canchas, estadios y coliseos (las alternativas son 581 para las 27 parroquias).



Figura 4 – Estructura jerárquica del proceso decisión selección centros acopio.

Las calificaciones difusas de los decisores fueron realizadas por tres técnicos de la dirección general de protección civil y emergencia, del ministerio del interior, del

Gobierno de España. Los que entregaron valores mínimos, centrales y máximos de cada comparación por pares de cada uno de los criterios y de cada criterio con su alternativa. Los que se observa en la Tabla 2.

Criterios	C1	C2	C3	C4	C5	Priorización
C1	(1,1,1)	(2,2,3)	(2,2,3)	(3,3,4)	(3,3,4)	**0,45**
C2	(1/2,1/2,1/3)	(1,1,1)	(2,2,3)	(3,3,4)	(3,3,4)	**0,35**
C3	(1/2,1/2, 1/3)	(1/2, ½, 1/3)	(1,1,1)	(2,2,3)	(2,2,3)	**0,09**
C4	(1/3, 1/3,1/4)	(1/3,1/3,1/4)	(1/2,1/2,1/3)	(1,1,1)	(2,2,3)	**0,06**
C5	(1/3,1/3,1/4)	(1/3,1/3,1/4)	(1/2,1/2,1/3)	(1/2,½,1/3)	(1,1,1)	**0,05**

Tabla 2 – Resultados del peso global por de cada criterio AHP-F

En la Tabla 3 se muestra ejemplo se muestra la comparación por pares la parroquia Unamuncho, procedimiento que se repitió para todas las parroquias del cantón Ambato. En a Tabla 4 se muestra el resultado del centro de acopio seleccionado, en este caso, el parque central con un 33%.

C1	A1	A2	A3	A4
A1	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)	(7/2,4,9/2)	(2/9,1/4,2/7)
A2	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(5/2,3,7/2)	(2/7,1/3,2/5)
A3	(2/9,1/4,2/7)	(2/7,1/3,2/5)	(1,1,1)	(2/9,1/4,2/7)
A4	(7/2,4,9/2)	(5/2,3,7/2)	(7/2,4,9/2)	(1,1,1)

Tabla 3 – Comparación por pares la parroquia Unamuncho

Obras Civiles de Parroquia Unamuncho	Priorización
U.E. Alfonsina Storni	16,14%
U.E. Tomas Sevilla	22,42%
Sub Centro Unamuncho	28,45%
Parque Central	33,00%

Tabla 4 – Resultados de las alternativas de la parroquia Unamuncho con AHP-F.

El proceso anterior se realizó para cada una las 27 parroquias, evaluando un total de 581 Alternativas como recursos del Cantón Ambato entre los que se encuentran: 35 Centros y Sub Centros de Salud, 182 Unidades Educativas, 128 Infraestructuras Deportivas (canchas, estadios, otros), 127 Unidades de Policía Comunitarias (UPC), 109 Plazas y Parques. Los resultados de esto se muestran en la Tabla 5, en la cual se señalan las obras civiles elegidas como centros de acopio para cada parroquia.

Parroquia	Centro Acopio	Parroquia	Centro Acopio
Atocha-Ficoa	U.E. Rumiñahui	Celiano Monge	U.E. María Natalia Vaca
Huachi Chico	Centro de Salud N.- 3	Huachi Loreto	Estadio Bellavista
La Matriz	U.E. Augusto Nicolás Martínez	La Matriz	U.E. Bolívar
La Merced	U.E. Ambato	La Península	Sub Centro La Península
Pishilata	Polideportivo Iván Vallejo	San francisco	U.E. Liceo Juan Montalvo
Ambatillo	Sub Centro Ambatillo	Atahualpa (Chisalata)	U.E. Atahualpa
Augusto N. Martínez	Sub Centro Augusto N. Martínez	Constantino Fernández	Estadio Central
Cunchibamba	Sub Centro Cunchibamba	Huachi Grande	U.E. Huachi Grande
Izamba	Sub Centro Izamba	Juan Benigno Vela	U.E. Chibuleo
Montalvo	Sub Centro Montalvo	Pasa	Sub Centro Pasa
Picaigua	Estadio Central	Pilaguin (Pilahuín)	Cancha del Barrio La Matriz
Quisapincha	Estado Cashauco	San Bartolomé de Pinllog	Estadio Santa Elena
San Fernando	Sub Centro San Fernando	Santa Rosa	Sub Centro Misquillí
Totoras	Sub Centro Totoras	Unamuncho	Parque Central

Tabla 5 – Establecimientos Seleccionados por AHP-F como centros de acopio en las Parroquias del Cantón Ambato.

Para obtener el centro de acopio general se consideran los centros de acopio parroquiales como alternativas y las evalúan con los mismos criterios establecidos anteriormente. El proceso realizado para la selección es similar a lo antes explicado, obteniéndose como centro de acopio general es **U.E. Bolívar** ubicada en la parroquia urbana La Matriz sector de Huachi Chico.

4. Conclusiones

Las decisiones se toman hoy en entornos cada vez más complejos. En cada vez más casos es necesario el uso de expertos en diversos campos, se deben tener en cuenta diferentes sistemas de valores, etc. En muchos de estos entornos de toma de decisiones, la teoría de la toma de decisiones difusa puede ser útil. La toma de decisiones grupales difusas puede superar esta dificultad. En general, muchos conceptos, herramientas y técnicas de inteligencia artificial, en particular en el campo de la representación del conocimiento y el razonamiento, pueden usarse para mejorar la consistencia humana y la capacidad para implementar numerosos modelos y herramientas en la toma de decisiones y la investigación operativa ampliamente percibidas.

Se generó una propuesta de Logística Humanitaria para el cantón Ambato con el objetivo de mejorar el proceso de toma de decisiones y reducir el tiempo de respuesta en situaciones de emergencia. Para cada parroquia, se definieron diferentes alternativas de refugios temporales. Además, se determinó la cantidad de kits de emergencia por sector y se calculó el presupuesto de emergencia para otorgar ayuda a los ciudadanos afectados. De esta forma, las autoridades competentes tienen una visión más clara del escenario y pueden intervenir plenamente con mejores resultados.

Este documento permite disminuir la incertidumbre de la elección de los tomadores de decisión para elegir los centros de acopio parroquiales y el centro de acopio general, lo que permitiría disminuir los tiempos de respuesta debido a que se tiene definido alternativas de albergues temporales para establecer por cada parroquia, para atender a la ciudadanía afectada, lo que da una visión clara a la Autoridad competente para intervenir integralmente.

Agradecimientos: *Los autores agradecen a la Universidad Técnica de Ambato (UTA) y a la Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE) por su apoyo en la realización del proyecto "Metodologías para el diseño de Fog Computing y controladores Inteligentes basados en IEC 61499"*

Referencias

Anjomshoae, A., Hassan, A., & Wong, K. Y. (2019). An integrated AHP-based scheme for performance measurement in humanitarian supply chains. *International Journal of Productivity and Performance Management*, *68*(5), 938-957. https://doi.org/10.1108/IJPPM-04-2018-0132

Borensztein, E., Cavallo, E., & Jeanne, O. (2017). The welfare gains from macro-insurance against natural disasters. *Journal of Development Economics*, *124*, 142-156. https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2016.08.004

Caruso, G. D. (2017). The legacy of natural disasters: The intergenerational impact of 100 years of disasters in Latin America. *Journal of Development Economics*, *127*, 209–233. https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2017.03.007

Cavallo, E., Galiani, S., Noy, I., & Pantano, J. (2013). Catastrophic Natural Disasters and Economic Growth. *Review of Economics and Statistics*, *95*(5), 1549-1561. https://doi.org/10.1162/REST_a_00413

Chen, L., Emma, Y., & Yang, S. S. (2015). Robust supply chain strategies for recovering from unanticipated disasters. *Transportation Research Part E*, *77*, 198-214. https://doi.org/10.1016/j.tre.2015.02.015

Hoque, M., Tasfia, S., Ahmed, N., & Pradhan, B. (2019). Assessing Spatial Flood Vulnerability at Kalapara Upazila in Bangladesh Using an Analytic Hierarchy Process. *Sensors*, *19*(6), 1302. https://doi.org/10.3390/s19061302

Kaya, T., & Kahraman, C. (2010). Multicriteria renewable energy planning using an integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology: The case of Istanbul. *Energy*, *35*(6), 2517-2527. https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.02.051

Kovacs, G., & Moshtari, M. (2019). A roadmap for higher research quality in humanitarian operations: A methodological perspective. *European Journal of Operational Research*, *276*(2), 395-408. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.07.052

Liberatore, F., Ortuño, M. T., Tirado, G., Vitoriano, B., & Scaparra, M. P. (2014). A hierarchical compromise model for the joint optimization of recovery operations and distribution of emergency goods in Humanitarian Logistics. *Computers & Operations Research*, *42*, 3-13. https://doi.org/10.1016/j.cor.2012.03.019

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda Ecuador. (2014). *Peligro Sísmico: Diseño Sismo Resistente*. Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.

Ortuño, M. T., Vitoriano, B., & Tirado, G. (2011). A lexicographical goal programming based decision support system for logistics of Humanitarian Aid. *Top*, *19*(2), 464-479. https://doi.org/10.1007/s11750-010-0138-8

Sánchez Lopera, J., & Lerma García, J. L. (2012). Actualización de cartografía catastral urbana mediante LiDAR y SIG. *GeoFocus*, *12*, 53-70.

Skilodimou, H. D., Bathrellos, G. D., Chousianitis, K., Youssef, A. M., & Pradhan, B. (2019). Multi-hazard assessment modeling via multi-criteria analysis and GIS: A case study. *Environmental Earth Sciences*, *78*(2). https://doi.org/10.1007/s12665-018-8003-4

Velasteguí Hernández, S. (2017). *Logística humanitaria en caso de eventos adversos para optimizar los recuersos y ayuda disponible en el cantón Ambato*. Universidad Técnica de Ambato.

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, *8*(3), 338-353. https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X

Zhang, X., Song, J., Peng, J., & Wu, J. (2019). Landslides-oriented urban disaster resilience assessment—A case study in ShenZhen, China. *Science of The Total Environment*, *661*, 95-106. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.074

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 15/09/2019
Aceitação/Acceptance: 23/11/2019

Modelo JDL y calidad de la información para identificación biométrica a partir de señales multimodales: estudio exploratorio

Miguel A. Becerra[1,4], Laura Lasso-Arciniegas[2], Andrés Viveros[2], Leonardo Serna-Guarín[3], Diego Peluffo-Ordóñez[2], Catalina Tobón[4].

migb2b@gmail.com, laurad.lasso.a@hotmail.com, brayanandresviveros123@gmail.com, lserna@itm.edu.co, dpeluffo@yachaytech.edu.ec, ctobon@udem.edu.co

[1] Institución Universitaria Pascual Bravo, 050042 , Medellín, Colombia.

[2] Universidad Yachay Tech – SDAS Group, 100115, Urcuquí, Ecuador

[3] Instituto Tecnológico Metropolitano, 050042, Medellín, Colombia

[4] Universidad de Medellín, 050026, Medellín, Colombia

Pages: 445–456

Resumen: La identificación biométrica es llevada a cabo procesando rasgos y señales fisiológicas. Los sistemas de biometría son un campo abierto de investigación, ya que permanentemente son susceptibles de ataques demandando un constante desarrollo para mantener su confianza. El objetivo de este trabajo es analizar los efectos de la calidad de la información sobre la identificación biométrica y considerarla en los sistemas de control de acceso. Se propone un modelo de fusión de datos para el desarrollo de sistemas de biometría considerando la valoración de la calidad de la información. Esta propuesta está basada en el modelo de fusión de datos JDL (*Joint Directors of Laboratories),* el cual incluye procesamiento de los datos en bruto, detección de patrones, valoración de la situación y del riesgo o impacto. Los resultados demostraron la funcionalidad del modelo propuesto y su potencialidad respecto a otros modelos de identificación tradicionales considerando la valoración del riesgo.

Palabras-clave: Biometría; calidad de la información; fusión de datos; procesamiento de señales.

Data fusion and information quality for biometric identification from multimodal signals

Abstract: Biometric identification is carried out by processing physiological traits and signals. Biometrics systems are an open field of research and development, since they are permanently susceptible to attacks demanding permanent development to maintain their confidence. The main objective of this study is to analyze the effects of the quality of information on biometric identification and consider it in access control systems. This paper proposes a data fusion model for the development

of biometrics systems considering the assessment of information quality. This proposal is based on the JDL (Joint Directors of Laboratories) data fusion model, which includes raw data processing, pattern detection, situation assessment and risk or impact. The results demonstrated the functionality of the proposed model and its potential compared to other traditional identification models.

***Keywords**:* Biometry; information quality; data fusion; signal processing

1. Introducción

Uno de los objetivos de la biometría es la identificación inequívoca de personas basado en rasgos, señales o comportamientos (Di Martino, et al., 2014). Actualmente, la biometría es utilizada en múltiples aplicaciones para controlar accesos, automatizar procesos de registros, realizar búsquedas de individuos por organismos policiales, entre otros. Este campo se encuentra ampliamente desarrollado, sin embargo, en paralelo han avanzado los sistemas de fraude que permiten burlar estos sistemas de seguridad. Por lo anterior esta área de estudio sigue siendo considerada un campo abierto de investigación con múltiples desafíos.

Algunas técnicas de identificación biométrica basada en rasgos como la huella dactilar (Kumar and P. T. Rao , 2018), el iris y el rostro tienen un alto grado de discriminación de manera individual o en conjunto (Essa et al., 2018; Bouzouina, 2017), sin embargo son altamente vulnerables al fraude (Wu et al. 2017) y pueden ser afectados por cambios físicos a través del tiempo, como los ocasionados por el envejecimiento o lesiones (Vahid, 2017; Kaur and Singh, 2017). Por otro lado, las señales fisiológicas (electrocardiográficas - ECG, electromiográficas - EMG, electro-oculográficas - EOG y electroencefalográficas - EEG) han sido estudiadas mas recientemente en aplicaciones biométricas (Zapata et al., 2017) presentando como ventaja la capacidad para determinar que el sujeto está vivo, la oportunidad de fusionarlas y la complejidad para ser falsificadas. Sin embargo, los estudios han sido de tipo transversal principalmente, por lo que es difícil generalizar su permanencia (Maiorana et al., 2016).

Las señales fisiológicas no invasivas han sido más utilizadas en biometría respecto a las invasivas debido a su confort, como son las señales EEG, EMG, y bioimpedancia, las cuales son adquiridas usando electrodos superficiales. Las señales EEG permiten obtener información de la dinámica neuronal en el cerebro (Zapata et al., 2017) y su estudio se ha enfocado en diferentes estados: sueño, ojos abiertos y cerrados, potenciales evocados de diferentes tipos, actividades multi-tarea, ejecución de *passwords* con el pensamiento entre otros (Kaewwit et al., 2017; Kaur and Singh, 2017; Falzon et al., 2017; Min et al., 2017; Maiorana et al., 2016; Mao, 2017; Chen et al. 2016). Otros estudios se han enfocado a la multi-modalidad de las señales fisiológicas tomando múltiples señales al mismo tiempo para obtener sistemas biométricos mas robustos (Saini et al, 2018; Barra et al., 2017; Cai et al., 2017; Moreno-Revelo et al., 2017).

Las señales fisiológicas han sido poco estudiadas en biometría considerando variables del contexto y por consiguiente los efectos generados por las emociones (Vahid, et al., 2017; Torres-Valencia et al., 2017), enfermedades (Duque-Mejía et al., 2019; Al-qazzaz et al., 2018; Smith et al., 2017), ambientes no controlados, drogadicción, uso de medicamentos, entre otros. Adicionalmente, ha sido poco estudiado el efecto de la calidad de los datos

y de la información durante el procesamiento, los cuales podrían afectar su desempeño para la identificación de los individuos. Otra limitación de los sistemas biométricos son los marcos de trabajo o modelos de propósito general para direccionar su construcción con alto grado de robustez y confiabilidad como el presentado en (Chan, 2018).

En este trabajo se presenta un estudio exploratorio de los efectos de la calidad de la información sobre la identificación biométrica a partir de señales fisiológicas multimodales y se propone un modelo de fusión de datos basado en el modelo JDL (*Joint Directors of Laboratories*), (Steinberg et al., 1991) en conjunto con la evaluación de la calidad de la información como estrategia para mejorar la robustez en el diseño de los sistemas de identificación biométrica. La funcionalidad del modelo es descrita y validada sobre diferentes escenarios con múltiples niveles de ruido con el objetivo de demostrar su robustez respecto a otros sistemas convencionales de biometría. El resto del artículo está estructurado como sigue: en la sección 2 se presentan los materiales y métodos en donde se describe detalladamente el modelo propuesto y el marco experimental. En la sección 3 se presentan los resultados y la discusión de los mismos. Finalmente, en la sección 4 son presentadas las conclusiones y trabajo futuro.

2. Materiales y métodos

2.1. Base de datos

Se utilizó la base de datos DEAP (del inglés *Database for Emotion Analysis using Physiological Signals*) para demostrar la funcionalidad del modelo propuesto descrito más adelante. Esta base de datos es discutida ampliamente en (Koelstra, et al., 2012) y consta de 1280 registros obtenidos de 32 sujetos (40 registros por sujeto). Cada registro consta de 40 señales fisiológicas correspondientes a 32 señales EEG (EEG1-EEG32) siguiendo el protocolo 10-20 y 8 señales denominadas periféricas correspondientes a la resistencia de la piel (GSR), frecuencia respiratoria (Rb), temperatura de la piel (Temp), plestimografía (Pt), 2 señales de EMG (EMG-Z y EMG-T) y 2 señales de EOG (EOGH y EOGV).

2.2. Modelo JDL

El modelo JDL es el más utilizado en el campo de fusión de datos y fusión de la información y consta de 6 niveles de procesamiento como se ilustra en la Figura 1 los cuales son ampliamente descritos en (Steinberg et al., 1991). *i*) Nivel 0 – pre-procesamiento en este se realiza una preselección y limpieza de los datos. *ii*) Nivel 1 – valoración del objeto: esta consiste en identificar y rastrear objetos y extraer atributos de los mismos. *iii*) Nivel 2 – valoración de la situación: realiza procesos que permiten una contextualización de una situación a partir del relacionamiento de los resultados obtenidos en los niveles anteriores. *iv*) Nivel 3- valoración del riesgo: en este nivel se realizan predicciones a futuro determinando riesgos, impactos y oportunidades que permiten generar respuestas. *v*) Nivel 4 – refinamiento del proceso: este ejecuta acciones para sintonizar los procesos en todos los niveles del modelo de fusión de datos. *vi*) Nivel 5- refinamiento del usuario: se realiza una intervención humana como apoyo al sistema y permite la representación del conocimiento. Adicionalmente se cuenta con

un sistema de administración de datos el cual interviene a lo largo de toda la cadena de procesamiento. HCI corresponde a la interfaz hombre computadora, la cual permite la interacción entre el sistema y el usuario.

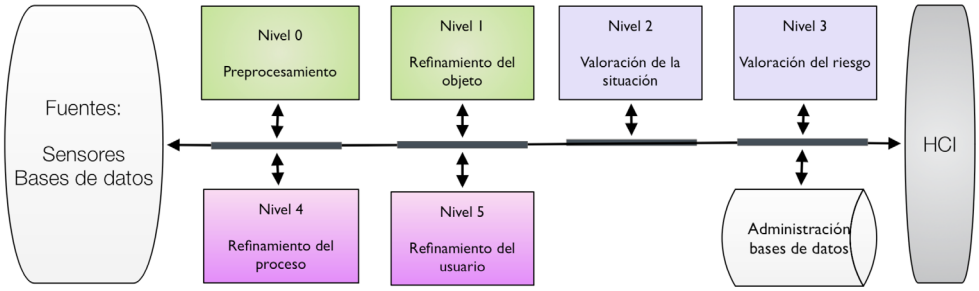


Figura 1 – Modelo JDL

2.3. Modelo de fusión de datos propuesto

En la Figura 1 se muestra la arquitectura del modelo de fusión de datos propuesto para identificación biométrica el cual esta basado en el modelo JDL e incluye la valoración de la calidad de la información a través de toda la cadena de procesamiento (todos los niveles del modelo JDL). A la izquierda se presentan las fuentes, la cuales corresponde a cualquier tipo de señal, rasgo o conjunto de las mismas y datos del contexto. En el gráfico se ejemplifican las fuentes con señales EEG y señales periféricas de la base de datos DEAP. Luego en el nivel 0 se tiene una etapa de selección de datos la cual se puede realizar considerando diferentes criterios de calidad de la información y direccionada por el nivel 4 del modelo correspondiente al refinamiento del proceso. Seguido se realiza el pre-procesamiento de los datos en el cual se realizan procesos de filtrado y normalización de los datos en bruto con el fin de estandarizarlos y mejorar su calidad. El nivel 1 corresponde a la etapa de asociación, extracción y selección de características, la cual puede ser ejecutada aplicando diferentes tipos de algoritmos. Dentro de este nivel también se encuentra la etapa de identificación de patrones la cual permite la identificación del individuo utilizando máquinas de aprendizaje pero también se pueden identificar atributos del contexto que apoyan a las etapas superiores del modelo. Así, en el nivel 2 se realiza la valoración de la situación la cual es llevada a cabo a partir de relaciones detectadas entre las identificaciones del sujeto y del contexto a partir de herramientas de relacionamiento y valoradas a partir de algoritmos basados en reglas o razonadores basados en casos principalmente. En la presente propuesta se incluye como salida la evaluación de la calidad de la información en todos los niveles, lo que permite al usuario o control de acceso no solo determinar la identificación del sujeto sino también informar bajo que condiciones de calidad de los datos y la información fue realizada, con el fin de requerir nuevas mediciones o conceder un acceso seguro. En el nivel 3 se valora el riesgo para conceder el acceso o entregar el resultado de la identificación del sujeto no solo diciendo el nombre o ID sino dando información de la situación y el riesgo de equivocación en la identificación. Por otro lado el modelo cuenta con una etapa de refinamiento del usuario y otra de refinamiento del proceso, ambas permiten sintonizar

parámetros y reglas del modelo para darle adaptabilidad. La primera la realiza el usuario, mientras que la segunda es realizada de manera automática. Finalmente, el modulo de evaluación de la calidad de la información es explicado en la siguiente sección donde se presenta la aplicación del modelo mediante el estudio exploratorio usando múltiples señales fisiológicas para la identificación.

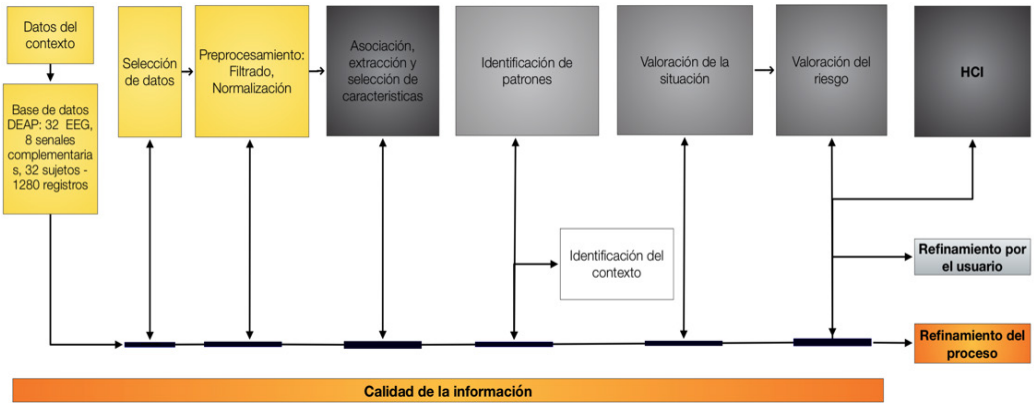


Figura 1 – Modelo propuesto para biometría. El nivel 0 corresponde al color amarillo, el gris oscuro y el gris claro que le sigue a la derecha corresponde al nivel 1. Los dos grises un poco mas oscuros corresponden al nivel 2 y 3 respectivamente.

2.4. Implementación del modelo propuesto

En la Figura 2 se presenta el procedimiento experimental realizado en este estudio para establecer la funcionalidad del modelo propuesto. A partir de la base de datos DEAP pre-procesada y normalizada en el rango [-1 1] se generaron tres bases de datos DB1, DB2 y DB3 contaminadas con ruido Gaussiano de 5, 10 y 20dB respectivamente. Las señales contaminadas se filtraron implementando un filtro pasabanda butterworth de orden 2 y se normalizaron usando *z-score*. Posteriormente, múltiples características fueron extraídas de las señales como se muestra en la Tabla 1. Se calcularon 10 medidas estadísticas sobre la señal, 10 sobre cada nivel de la descomposición usando la transformada wavelet discreta con wavelet madre *daubechies (db) 4* y *db10*. Además se calcularon las medidas estadísticas sobre la amplitud instantánea, ángulo instantáneo de los resultados entregados por la transformada de Hibert Huang (HHT) aplicada sobre la señal.

El número de características fue reducido a 100 usando el algoritmo de selección ReliefF con 10 vecinos cercanos. Posteriormente 5 clasificadores (PARZEN, K-NN, Naive Bayes, Máquinas de vector soporte - SVM, y Redes neuronales *back-propagation -ANN*) fueron testeados usando validación cruzada. Adicionalmente, se tomaron diferentes medidas de calidad a lo largo del proceso, lo cual es explicado mas abajo y es utilizado para la identificación y decisión final usando un sistema de inferencia difuso (FIS) tipo Mamdani. Este procedimiento permite determinar la robustez de las características y de los clasificadores ante el ruido con el fin de ajustar las reglas del FIS.

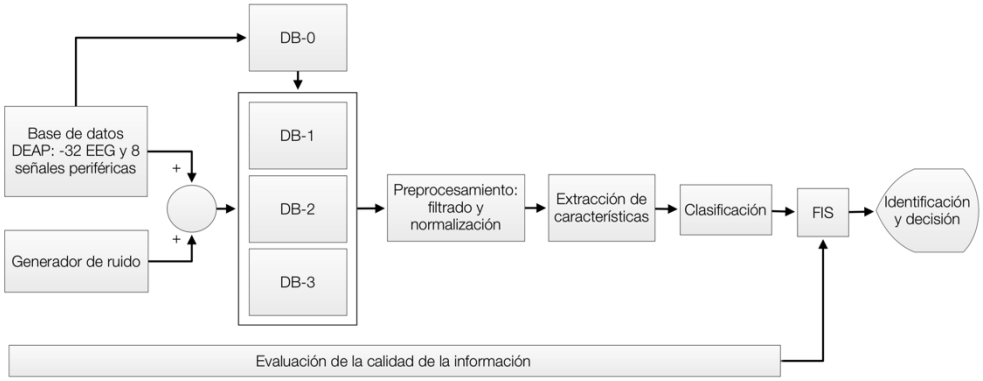


Figura 2 – Procedimiento experimental

Estadisticas					**Transformadas**
RMS (X)	$Sum\|X\|$	$Sum(\|X\|^2)/N$	*Cov(X)*	*Entropía Renyi*	Wavelet db4 -5 niveles, db10
Desviación (X)	Media (X)	Kurtosis (X)	Entropía Shannon	Entropía - Log de la Energía	HHT

Tabla 1 – Extracción de características- se calcularon diversas medidas sobre las señales en el tiempo y sobre cada una de las descomposiciones obtenidas al aplicar la transformada Wavelet y al resultado obtenido de la HHT. El significado de las siglas son RMS: Valor cuadrático medio, Sum: sumatoria, Cov:covarianza, Log:logaritmo.

Evaluación de la calidad de la información

En la tabla 2 se muestran los criterios de calidad y su respectiva métrica aplicados en cada nível dentro del modelo de fusión de datos. Cada uno de los critérios de calidad fueron adaptados de diferentes fuentes y son definidos como: *i*) Exactitud corresponde a la distancia respecto a una referencia o verdad fundamental. *ii*) Consistencia establece el nivel de relaciones lógicas y consistentes de múltiples atributos, valores y elementos para formar conceptos y significados coherentes sin contradicción con respecto a un objeto de información. *iii*) Robustez es la tolerancia a eventos no considerados. *iv*) Confiabilidad evalua la fiabilidad del objeto de información que está vinculado a su veracidad y credibilidad. *v*) Reputación es una evaluación dada por los usuarios de la información y su fuente basada en diferentes propiedades adecuadas para la tarea.

A partir de las anteriores definiciones y después de un análisis del tipo de dato e información tratada en el modelo por nivel, se definieron diferentes métricas presentadas en la Tabla 2. Múltiples métricas fueron establecidas para el criterio de exactitud ya que consideramos que este es fundamental para garantizar el adecuado procesamiento en los demás niveles superiores del modelo. Las métricas de calidad (amplitud general,

frecuencia dominante, desviación de medias y media total) aplicada sobre las señales están basadas en (Mohamed et al., 2017). La calidad local resulta de la suma ponderada de los criterios de cada nível. La calidad global resulta de la suma ponderada de las calidades locales. Los pesos fueron ajustados heurísticamente.

Nivel	Criterio	Métrica
Lo	*Exactitud*	*Amplitud General = General_amp/n General_amp=General_amp+max(abs(x(1,(ventana*l-ventana+1):(ventana*l))))-mean(abs(x(1,(ventana*l-ventana+1):(ventana*l))));*
Lo	*Exactitud*	*Desviación de medias = std(medias) medias(1,l)=mean(abs(x(1,(ventana*lventana+1):(ventana*l))));*
Lo	*Consistencia*	*Frecuencia dominante = find(abs(X(1:NFFT/2+1))==maximo);*
Lo	*Exactitud*	*Media total = mean(medias)*
L1	*Robustez*	*Nivel de relevancia de las características respecto al nível de ruido. Ponderación obtenida por el selector Relief-F.* $\sum_{ruido=1}^{n} Wn$
L1	*Confiabilidad*	*Precisión de cada clasificador a partir de su análisis mediante validación cruzada.*
L2	*Reputación*	*Ponderación dada a las reglas en el FIS*
Lo-L3	*Calidad Local*	$QL= \sum_{1}^{n} Wn\, Qn$
L3	*Calidad Global*	$QG= \sum_{0}^{3} Wi\, QLi$

Tabla 2 – Métricas de calidad

3. Resultados

El análisis de relevancia permitió establecer las características con mayor inmunidad al ruido y por consiguiente dar una valoración en términos de la robustez de las características aplicadas para cada modelo como se muestra en la Figura 3. En esta figura se muestra el histograma para los resultados de la selección de características usando los 4 niveles de ruido y las 100 características más relevantes para cada nivel de ruido, evidenciado un número reducido de características se seleccionaron para los 4 diferentes niveles de ruido. En la Tabla 3 se muestran las 10 características más relevantes y tolerantes al ruido en orden de relevancia; todas corresponden a la señal de plestimografía. En su mayoría corresponden a medidas del logaritmo de la energía de los componentes 2, 3, 4 y 5 de la descomposición Wavelet db4 y db10.

kurtosis(D4-wavelet db4)	Entropía–log-energía(D5-wavelet db10)	Entropía–log-energía (D5 -wavelet db4);	Entropía–log-energía(D3 -wavelet db4)	Entropía–log-energía(D4-wavelet db4)
Entropía–log-energía(D4 -wavelet db10)	kurtosis(D2-wavelet db4)	Entropía–log-energía(D2- -wavelet db10)	Entropía–log-energía(D3- -wavelet db10	Entropía–log-energía(D2--wavelet db4)

Tabla 3 – Características más tolerantes al ruido

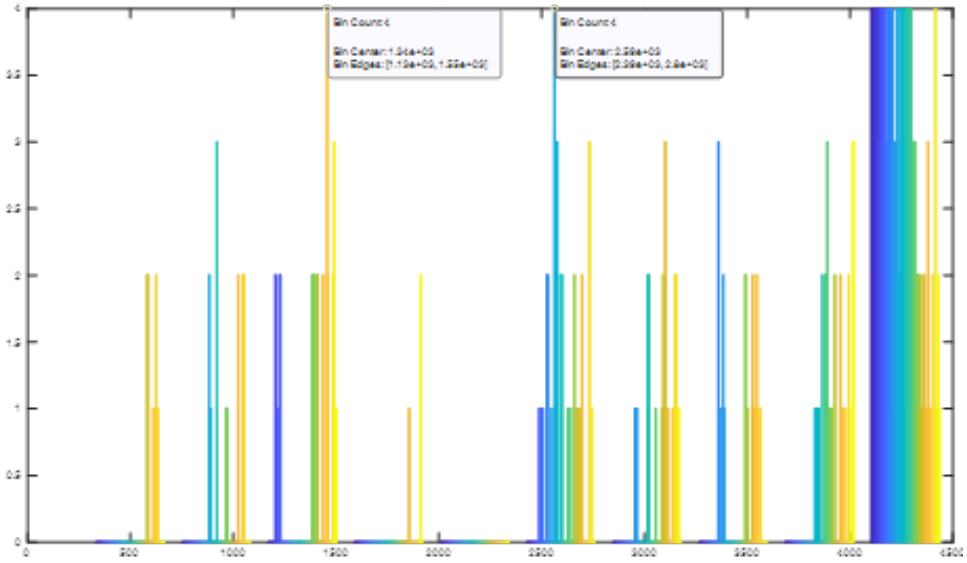


Figura 3 – Robustez de las características al ruido – El eje horizontal corresponde al número de la característica y el eje vertical a su relevancia

El desempeño de los clasificadores para los diferentes niveles de ruido blanco gaussiano introducidos en la señal es presentado en la Tabla 4, donde se evidencia que para tres casos de ruido el SVM presentó un desempeño superior o igual al de los demás clasificadores para el nivel de ruido de 0, 10 y 20dB. El clasificador de Parzen presentó el mejor desempeño para el ruido de 5dB, y para 10dB el mismo desempeño que el SVM. Los demás clasificadores presentaron un desempeño inferior.

Ruido (dB)	PARZEN	K-NN	Naive Bayes	SVM	ANN
0	3.125	3.672	6.250	**2.891**	95.859
5	**2.734**	3.125	4.375	2.969	95.703
10	**3.438**	3.672	4.688	**3.438**	96.094
20	3.125	3.750	5.703	**2.891**	95.781

Tabla 4 – Desempeño de los clasificadores – Error (%)

En la Tabla 5 se muestra los resultados de la correlación de Pearson entre las medidas de calidad calculadas directamente de las señales contaminadas con 5dB, 10dB y 20dB de ruido Gaussiano y el desempeño de los clasificadores. Se encontró que la mayor correlación se encuentra con el K-NN mayor a 0.5 y la menor correlación es obtenida para ANN con correlaciones menores a 0.2 en todos los casos.

Desempeño Clasificador	Amp. General	Desviación medias	Frecuencia dominante	Media Total
PARZEN	R>0.2	R>0.2	R>0.2	R>0.2
K-NN	R>0.5	R>0.2	R>0.2	R>0.2
Naive	R>0.2	R>0.2	R>0.2	R>0.2
SVM	R>0.2	R>0.2	R>0.2	R>0.2
ANN	R<0.2	R<0.2	R<0.2	R<0.2

Tabla 5 – Correlación medidas de calidad y desempeño de clasificadores

A partir de estos resultados se establecieron las reglas (ver Tabla 6) del FIS cuya arquitectura es presentada en la Figura 4 donde la estructura de la formulación de las reglas se basa en 3 conjuntos difusos rectangulares simétricos con rangos [0 1]. Para establecer las reglas y valorar el riesgo se consideraron dos variables de acceso adicionales: horario y nivel, los cuales fueron considerados para la valoración del riesgo pero no para la confianza de los clasificadores utilizados en la identificación. Todas las variables a excepción del horario tienen como atributos: A:Alto, M:Medio y B:Bajo. para el horario se tiene MI: Muy Irregular, I:Irregular, N:Normal. El nivel de confianza de los clasificadores se utilizó para seleccionar exteriormente la respuesta del clasificador que presenta mayor nivel de confianza. El FIS permitió mejorar el desempeño en la predicción como se ilustra en la Tabla 7, además de entregar una valoración de la calidad de la información de manera local y global valorando el riesgo a partir de la valoración de la situación.

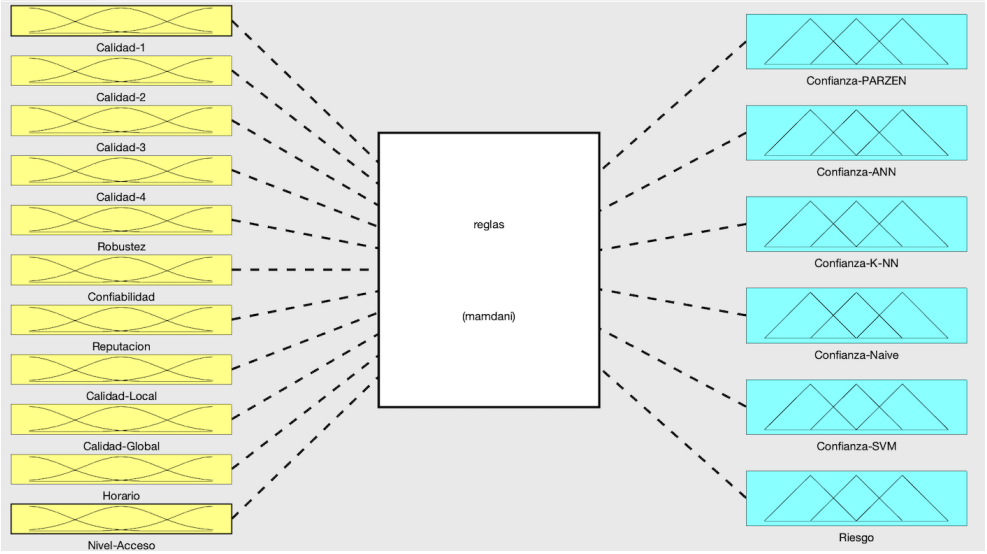


Figura 4 – Sistema de inferencia difuso

C1	C2	C3	C4	Rob.	Conf.	CLoc	CGlob	H	N.A.	CP	CA	CK	CN	CS	Ries
B	B	B	B	A	A	B	B	MI	B	B	B	B	B	A	A

Tabla 6 – Ejemplo reglas establecidas en el FIS - las siglas correponden a C1 (Amp-General), C2 (Desviación de medias), C3 (Frecuencia dominante), C4 (media total), Rob (Robustez), Conf (Confiabilidad), Cloc (calidad Local), CGlob (CGlobal), H (Horario) N.A. (Nivel de acceso), CP (Clasificador PARZEN), CA (Clasificador ANN), CK (Clasificador k-NN), CN (Clasificador Naive Bayes), CS (clasificador SVM) y Ries (riesgo).

Ruido	0dB	5dB	10dB	20dB
	2.079	2.120	2.153	2.481

Tabla 7 – Desempeño del FIS– Error (%)

4. Conclusiones

En este trabajo se presentó un estudio exploratorio del modelo de fusión de datos propuesto el cual está basado en el JDL y aplicado a la identificación de sujetos orientado a la biometría, en conjunto con la evaluación de la calidad de la información y su influencia. La aplicación del modelo se llevó a cabo usando como benchmark la base de datos pública DEAP de múltiples señales fisiológicas. Se seleccionaron diferentes técnicas de procesamiento en cada nivel de datos y se propuso un set de criterios de calidad con su respectiva métrica para cada nivel. Finalmente se construyó un FIS que fue utilizado para valorar la situación y riesgo en la identificación del sujeto considerando algunas variables del contexto. La aplicación del modelo con las técnicas propuestas mejoró el desempeño de los sistemas de biometría respecto a los modelos que aplican una máquina de aprendizaje. También se demostró su funcionalidad en términos de entregar una identificación informada basada en la calidad de la información, lo cual permite decidir otorgar o negar accesos o decidir si debe realizarse de nuevo la adquisición de los datos del sujeto a identificar. Como trabajo futuro, se propone complementar el modelo evaluando otros criterios de calidad de la información y utilizar la evaluación de su calidad como función objetivo para optimizar los parámetros de las funciones o modelos utilizados en cada uno de los niveles de fusión y generar una adaptación en línea que permita al modelo capturar las variaciones de las medidas fisiológicas del sujeto longitudinalmente. Además se deben considerar otros rangos y tipos ruido tanto en la construcción como en la validación del modelo.

Referencias

Al-qazzaz N., Hamid S., Mohd B., Ahmad S., and Escudero J., “Optimal EEG Channel Selection for Vascular Dementia Identification Using Improved Binary Gravitation Search Algorithm,” pp. 125–130, 2018.

Barra S., Casanova A., Fraschini M., and Nappi M., “Fusion of physiological measures for multimodal biometric systems,” Multimed. Tools Appl., vol. 76, no. 4, pp. 4835–4847, 2017.

Bouzouina Y., “Multimodal Biometric : Iris and face Recognition based on feature selection of Iris with GA and scores level fusion with SVM,” 2017.

Cai H. and Venkatasubramanian K., “Patient Identity Verification Based on Physiological Signal Fusion,” 2017 IEEE/ACM Int. Conf. Connect. Heal. Appl. Syst. Eng. Technol., pp. 90–95, 2017.

Chan H-L, Kuo P-C, Cheng C-Y and Chen Y-S (2018) Challenges and Future Perspectives on Electroencephalogram-Based Biometrics in Person Recognition. Front. Neuroinform. 12:66. doi: 10.3389/fninf.2018.00066

Chen Y. et al., “A High-Security EEG-Based Login System with RSVP Stimuli and Dry Electrodes,” IEEE Trans. Inf. Forensics Secur., vol. 11, no. 12, pp. 2635–2647, 2016.

Das R., Maiorana E., and Campisi P., “EEG Biometrics Using Visual Stimuli: A Longitudinal Study,” IEEE Signal Process. Lett., vol. 23, no. 3, pp. 341–345, 2016.

Di Martino L., Fernández T. A., Carbajal G., and Ruguay M. O. U., “Fusión biométrica D ICIEMBRE 2014 Resumen,” 2014.

Duque-Mejía C., Becerra M. A., Zapata-Hernández C., Mejia-Arboleda C. , Castro-Ospina A. E., Delgado-Trejos E., Peluffo-Ordóñez D., Rosero-Montalvo P., Revelo-Fuelagán J. Cardiac Murmur Effects on Automatic Segmentation of ECG Signals for Biometric Identification: Preliminary Study. In: Nguyen N., Gaol F., Hong TP., Trawiński B. (eds) Intelligent Information and Database Systems. ACIIDS 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol 11431. Springer, Cham

Essa M. E. B, E., Elkhateb A., Hassanien A. E., and Hamad A., “cascade multimodal biometric system using fingerprint and iris patterns,” vol. 639, 2018.

Falzon O., Zerafa R., Camilleri T., and Camilleri K. P., “EEG-based biometry using steady state visual evoked potentials,” Proc. Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. EMBS, pp. 4159–4162, 2017.

Kaewwit C., Lursinsap C. & Sophatsathit P.,” “– 373 high accuracy eeg biometrics identification using ica and ar model vol. 2, no. 2, pp. 354–373, 2017.

Kaur B. and Singh D., “Neuro signals: A future biomertic approach towards user identification,” Proc. 7th Int. Conf. Conflu. 2017 Cloud Comput. Data Sci. Eng., pp. 112–117, 2017.

Kaur B. and Singh D., “Impact of Ageing on Biometric Systems : A Survey Impact of Ageing on Biometric Systems : A Survey,” no. March, 2017.

Kumar K. K. and Rao P. T., “Information and Communication Technology for Intelligent Systems (ICTIS 2017), vol. 83, 2018.

Maiorana E., La Rocca D., and Campisi P., “On the Permanence of EEG Signals for Biometric Recognition,” IEEE Trans. Inf. Forensics Secur., vol. 11, no. 1, pp. 163–175, Jan. 2016.

Mao Z., Yao W., and Huang Y., “EEG-based biometric identification with deep learning,” Int. IEEE/EMBS Conf. Neural Eng. NER, pp. 609–612, 2017.

Moreno-Revelo M., Ortega-Adarme M., Peluffo-Ordoñez D. H., Alvarez-Uribe K. C., and Becerra M. A., Comparison among physiological signals for biometric identification, LNCS. vol. 10585 2017.

Min B.-K., Suk H.-I., Ahn M.-H., Lee M.-H., and Lee S.-W., "Individual Identification Using Cognitive Electroencephalographic Neurodynamics," IEEE Trans. Inf. Forensics Secur., vol. 12, no. 9, pp. 2159–2167, 2017.

Mohamed, S., Haggag, S., Nahavandi, S., & Haggag, O. (2017). Towards automated quality assessment measure for EEG signals. Neurocomputing, 237, 281–290. https://doi.org/10.1016/J.NEUCOM.2017.01.002

Saini R. et al., "Don't just sign use brain too: A novel multimodal approach for user identification and verification," Inf. Sci. (Ny)., vol. 430–431, pp. 163–178, 2018.

Smith R. J., Sugijoto A., Rismanchi N., Hussain S. A., Shrey D. W., and Lopour B. A., "Long-Range Temporal Correlations Reflect Treatment Response in the Electroencephalogram of Patients with Infantile Spasms," Brain Topogr., vol. 30, no. 6, pp. 810–821, 2017.

Steinberg A., Bowman C., and White F. Revisions to the JDL Data Fusion. Data Fusion Lexicon by JDL (1991).

Torres-Valencia C., Álvarez-López M., and Orozco-Gutiérrez Á., "SVM-based feature selection methods for emotion recognition from multimodal data," J. Multimodal User Interfaces, vol. 11, no. 1, pp. 9–23, Mar. 2017.

Vahid A. and Arbabi E., "Human identification with EEG signals in different emotional states," 2016 23rd Iran. Conf. Biomed. Eng. 2016 1st Int. Iran. Conf. Biomed. Eng. ICBME 2016, no. November, pp. 242–246, 2017.

Wu Q., Zeng Y., Lin Z., Wang X., and Yan B., "Real-time EEG-based Person Authentication System Using Face Rapid Serial Visual Presentation," pp. 564–567, 2017.

Zapata J. C., Duque C. M., Rojas-Idarraga Y., Gonzalez M. E., Guzmán J. A., and Becerra Botero M. A., "Data fusion applied to biometric identification – A review," Communications in Computer and Information Science, vol. 735. pp. 721–733, 2017.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 31/10/2019
Aceitação/Acceptance: 27/12/2019

Enriquecendo a Prática da Agricultura Urbana Casual

Osvaldo Luiz de Oliveira[1], Waldinei Bispo de Lima[2]

osvaldo@faccamp.br, waldineibispo@gmail.com

[1,2] UNIFACCAMP, Rua Guatemala 167, 13.231-230, Campo Limpo Paulista (SP), Brasil

Pages: 457–469

Resumo: Agricultura Urbana Casual é uma modalidade de agricultura, praticada geralmente por uma única pessoa que cultiva, em sua residência, plantas com finalidade alimentícia, medicinal ou ornamental. As soluções computacionais existentes, focadas na automação e na produtividade agrícola, não são úteis para o agricultor urbano casual, que cultiva por lazer e não está interessado em ganhos de produção. Este artigo descreve uma pesquisa que identificou que a "conversa", na verdade um monólogo, do agricultor urbano casual com suas plantas é uma importante e frequente situação presente nesta modalidade de agricultura. O *design* (ideia) e o desenvolvimento de um dispositivo, denominado $P_L V$, foi feito para enriquecer a "conversa" do agricultor com plantas. Considerando as condições ambientais onde a planta se encontra, o $P_L V$ sinaliza o quanto ela poderia estar "Alegre" ou "Triste". Resultados iniciais de uso do $P_L V$ indicam que ele é útil, embora apresente algumas inconveniências de uso.

Palavras-chave: *Design Computacional; Design Baseado em Cenários; Agricultura Urbana Casual.*

Enriching the Urban Residential Gardening Practice

Abstract: Urban Residential Gardening is a type of agriculture in which, generally, a single person cultivates plants in their residence for an alimentary, medicinal, or ornamental purpose. Existing computational solutions, focused on automation and agricultural productivity, are not useful for the urban residential gardener who cultivates for leisure and is not interested in production gains. This paper describes a research that identified that the "talk", in fact a monologue, of the urban residential gardener with his plants is an important and frequent situation present in this modality of agriculture. The design (idea) and development of a device, named $P_L V$, was made to enrich the gardener's "talk" with plants. Considering the environmental conditions in which the plant is living, the $P_L V$ signals whether it should be "happy" or "sad". Initial results of using $P_L V$ indicate that it is useful, although it has some drawbacks.

Keywords*:* Computational Design; Urban Residential Gardening; Pervasive Computing.

1. Introdução

Agricultura urbana refere-se ao cultivo de plantas dentro de espaços urbanos, manifestando-se segundo uma variedade de formas tais como a jardinagem residencial, o plantio de verduras em quintais, varandas ou terraços e a produção, com propósitos comerciais, de alimentos em estufas. Do ponto de vista tecnológico, a agricultura urbana apresenta-se via uma amplitude de soluções que variam desde simples fileiras de plantios em campos abertos, até instalações fechadas, altamente sofisticadas, para controle dos processos de produção, configurando infraestruturas conhecidas como fazendas verticais ou fábrica de plantas (Shamshiri *et al.*, 2018). Esta forma de agricultura pode contribuir positivamente para a saúde e segurança alimentar, para o lazer das pessoas envolvidas e, até mesmo, para diminuir o custo de alimentos, pela redução do transporte entre o campo e as cidades (Lyle, Choi & Foth, 2015).

Cheema, Smit, Ratta & Nasr (2011) estimam que o percentual de famílias engajadas com agricultura urbana varia de 10% em algumas grandes cidades americanas até 80% em algumas pequenas cidades da Ásia e da Sibéria. Um estudo sobre o cultivo e uso de plantas domésticas, realizado em diferentes cidades brasileiras, identificou esta prática em mais do que 70% das residências pesquisadas (Botelho, Lamano Ferreira & Ferreira, 2014). Estas estimativas sugerem a importância da agricultura urbana e justificam a presença crescente deste assunto, por exemplo, nas agendas de pesquisa e de política para as chamadas cidades inteligentes e sustentáveis.

Muitos trabalhos abordam o uso de tecnologias computacionais para a agricultura urbana. Em geral a ideia destes trabalhos é a de promover a melhoria da produção urbana de alimentos pela automação parcial ou até mesmo quase total do cultivo de plantas. No entanto, há um tipo de agricultura urbana, tipicamente residencial, praticada geralmente por uma única pessoa que não possui interesse em alta produção e também não está interessado na automação da atividade agrícola. No contexto deste trabalho, este tipo de agricultura é chamada de Agricultura Urbana Casual. O que motiva o agricultor urbano casual à prática do plantio é, geralmente, o prazer de cultivar por passatempo ou por lazer e a ornamentação do ambiente residencial. Por consequência, soluções cujo *design* é focado na automação e na produtividade do cultivo não são adequadas para a Agricultura Urbana Casual.

Este trabalho descreve um estudo sobre a prática da Agricultura Urbana Casual com o objetivo de oferecer uma solução computacional ao agricultor urbano casual que lhe seja útil e conveniente.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma. A Seção 2 descreve trabalho relacionado e situa este trabalho em relação às contribuições existentes. A metodologia empregada neste trabalho é descrita na Seção 3. Entre os métodos presentes na metodologia destacam-se o Método do *Design* Baseado em Cenários (Carroll, 2000) e o Método das Entrevistas Semiestruturadas (Lazar, Feng & Hochheiser, 2017). A Seção 4 descreve como tais métodos foram utilizados para compor uma metodologia de analise da prática da agricultura urbana casual e da busca de um cenário relevante nesta modalidade de agricultura. A Seção 5 descreve o *design* e a implementação do P_LV, um dispositivo que atende ao agricultor urbano casual no contexto do cenário relevante

identificado. Por fim, a Seção 6 discute os resultados, apresenta as conclusões deste trabalho e aponta para trabalhos futuros.

2. Trabalho Relacionado

Sistemas para agricultura urbana mediada por computador utilizam sensores e atuadores para automatizar parcialmente ou quase totalmente os fatores envolvidos no cultivo agrícola. Teoricamente estes sistemas podem ser divididos em duas classes segundo o nível de automação do cultivo em (1) sistemas parcialmente controlados por computador e (2) sistemas intensamente controlados por computador.

Sistemas parcialmente controlados por computador objetivam o monitoramento ou o controle de alguns fatores ambientais (luz, temperatura do ar, umidade do solo, intensidade e direção do vento etc.), contudo não pretendem isolar completamente as plantas das variações naturais de tempo. Um bom exemplar destes sistemas é proposto em Teittinen (2013). Utilizando sensores de luminosidade e umidade de solo, o sistema proposto em Teittinen, uma vez calibrado para certo cultivo, faz um controle automático de luminosidade e também da umidade do solo por meio de bombas de água. Outro bom exemplar deste tipo de sistema é o Hydrobase, relatado em Goyal (2016). Hydrobase foi desenvolvido para permitir o cultivo de plantas em soluções hidropônicas regulando as condições de temperatura, luminosidade, pH e quantidade de nutrientes segundo o perfil da planta em cultivo. Goyal sugere a calibragem do sistema Hydrobase por meio de parâmatros médios de temperatura, luminosidade e pH da solução hidropônica disponíveis em banco de dados de de plantas como, por exemplo o banco de dados de plantas mantido pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2019). Outros exemplos de sistemas parcialmente controlados por computador são reportados em Brown *et al.* (2017) e Woltz (2018).

A ideia fundamental dos sistemas intensamente controlados por computador é a de estabelecer artificialmente um microclima adequado ao cultivo de plantas a partir de um rigoroso controle de quase a totalidade dos fatores envolvidos no cultivo. Estes sistemas tentam reproduzir ideias que, metaforicamente, podem ser descritas por expressões tais como “computador pessoal de alimentos”, “fábrica de plantas”, “sistema para cultivo de plantas”, “fazenda vertical” e “estufa de telhado”. Estes sistemas são projetados para minimizar ao extremo a interferência humana e as incertezas do clima. O Computador Pessoal de Alimentos (Ferrer *et. al.*, 2019), dispositivo de aproximadamente 30 cm^3, é um bom exemplar de sistema intensamente controlado por computador. Ele é constituído por uma câmara hermeticamente fechada e por um complexo sistema computacional capaz de controlar o microclima dentro da câmara. Variáveis climáticas como concentração de dióxido de carbono, temperatura do ar, umidade do ar, oxigênio dissolvido, potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica e temperatura de solo estão entre muitas variáveis controladas e monitoradas dentro da câmara de cultivo. O Computador Pessoal de Alimentos está liberado sob licença *open source* e as instruções de montagem, projetos e diversos recursos úteis podem ser obtidos na *Wiki OpenAg Farming for the Future* (OpenAg 2019-a) e no repositório *Github OpenAg Open Agriculture Initiative* (OpenAg 2019-b). Outros exemplos de sistemas intensamente

controlados por computador são reportados em Shamshiri *et al.* (2018) e em Adams & Hirst (2018).

A pesquisa da agricultura urbana sob a perspectiva do *Design*, foco deste trabalho, é relativamente recente (Choi, Foth & Hearn, 2013), sendo o estudo reportado em Lyle, Choi & Foth (2015) fortemente relacionado com este trabalho. Os resultados do estudo de reportado em Lyle, Choi & Foth (2015) sugerem, entre outras coisas, que o agricultor urbano casual não está interessado em automação, não busca produtividade agrícola, quer ele mesmo cuidar de plantas, e cultiva por lazer e passatempo. É neste espaço de *design*, compreendido pelas peculiaridades da práxis da Agricultura Urbana Casual, que o presente trabalho se situa. Ou seja, o presente trabalho se desloca do tradicional *design* marcado pela automação e produtividade para o *design* consciente das relações de lazer e afeto do agricultor urbano casual com suas plantas.

3. Metodologia

Lyle, Choi & Foth (2015) observam que o agricultor urbano casual possui pouco conhecimento sobre tecnologias computacionais e também sobre agricultura. Este agricultor usualmente não se interessa em obter conhecimento formal sobre computação e sobre agricultura, porque a atividade de agricultura não está entre as suas prioridades. Geralmente, o processo de cultivo empregado é o da experimentação por tentativa e erro, com eventuais consultas a familiares, amigos e vizinhos. Portanto, os sistemas parcialmente ou intensamente controlados por computador, presentes nas soluções tradicionais, não são apropriados para a Agricultura Urbana Casual.

Este trabalho objetiva o *design* de uma solução computacional para enriquecer, de forma útil e conveniente, a prática da Agricultura Urbana Casual. A metodologia empregada para atingir este objetivo está sumarizada na Figura 1.

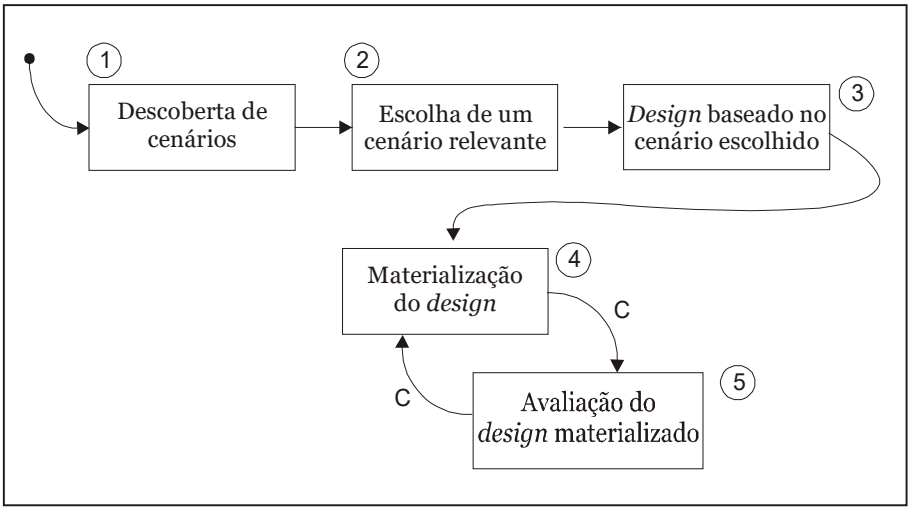


Figura 1 – Diagrama da metodologia utilizada.

A Fase 1 envolve a descoberta de cenários em que a Agricultura Urbana Casual acontece. Neste trabalho, o termo "cenário", diferentemente do que possa sugerir, não se refere a uma cena estática. Um cenário é uma narrativa da ocorrência de diálogos (Carroll, 2000) entre pessoas e as ações destas pessoas no ambiente onde elas estão. O Apêndice A é um exemplo de cenário no qual a estória de uma personagem, chamada Senhora X, é narrada. O método escolhido para a descoberta de cenários foi o das Entrevistas Semiestruturadas, seguindo as diretrizes para o preparo, realização e análise de conteúdo descritas em Lazar, Feng & Hochheiser (2017). Entrevistas semiestruturadas são planejadas a partir de um conjunto inicial de questões, mas não se restringem a estas. O pesquisador pode incorporar novas questões durante a realização das entrevistas permitindo-o registrar fenômenos imprevistos. A Seção 4 descreve detalhes do planejamento e da realização de entrevistas com o objetivo de descobrir e catalogar sistematicamente cenários típicos da prática da Agricultura Urbana Casual.

A Fase 2 envolveu a busca de um cenário relevante, tendo como critério de seleção a maior frequência de ocorrência do cenário entre os cenários pesquisados e catalogados na Fase 1.

A Fase 3 utilizou o Método do *Design* Baseado em Cenários (Carroll, 2000) para criar uma solução que enriqueça as relações do agricultor com suas plantas, no cenário escolhido na Fase 2. O termo "*design*", no contexto deste trabalho, distingue-se de projeto. *Design* refere-se a uma ideia, a uma concepção de solução. Um *design* fundamentalmente antevê novas formas de fazer coisas e novas coisas que podem ser feitas (Carroll, 2000). No Método do *Design* Baseado em Cenários o *design* é realizado tendo como base um cenário. Para Carroll, a narrativa de como as pessoas realizam as coisas, descrita em vários cenários, cria o fundamento para o trabalho de *design*. Ou seja, a entrada da etapa de *design* do Método de *Design* Baseado em Cenários é o cenário escolhido que, em suas narrativas, apresenta as bases para o trabalho de ideação (trabalho de *design*). Neste trabalho, a saída da etapa de *design* é um texto descritivo, embora se possa usar uma variedade de outras linguagens para descrever o *design* (e.g. linguagens audiovisuais, linguagens técnicas para modelagem).

A Fase 4 compreendeu a implementação de hardware e software para a materialização do *design* e a Fase 5 a avaliação técnica (sem a presença de usuário) do *design* materializado. O Método da Prototipação (Pressman & Maxim, 2014) foi empregado nesta fase. A Figura 1 descreve um ciclo de rótulo C entre a Fase 4 e a Fase 5. Este artigo relata os resultados correspondentes a três ciclos C.

4. A Busca por um Cenário Relevante para a Agricultura Urbana Casual

Metodologicamente, a busca de um cenário relevante para a Agricultura Urbana Casual envolveu:

1. Entrevistas semiestruturadas com agricultores urbanos casuais.
2. A elaboração de cenários retratando a prática da Agricultura Urbana Casual.
3. A escolha de um cenário relevante para os propósitos de *design* deste trabalho.

A Subseção 4.1 descreve as entrevistas realizadas. O protocolo das entrevistas foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Unifaccamp, Brasil. A Subseção 4.2 descreve o processo de elaboração de cenários e a escolha de um cenário relevante.

4.1. As Entrevistas

Inicialmente uma lista de agricultores urbanos casuais foi composta tendo como base contatos em mídias sociais e a indicação de duas empresas do segmento de jardinagem. Da lista inicial, com cerca de 30 agricultores urbanos casuais, 14 deles aceitaram voluntariamente conceder uma entrevista sobre sua atividade agrícola, autorizando o registro dela por áudio e fotos ambientais. Assim, no período entre agosto e setembro de 2018, foram agendadas e realizadas 14 entrevistas com agricultores urbanos casuais, no local onde praticam a atividade agricultura, em horários variados durante o dia, todas na cidade de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.

Todas as entrevistas foram registradas por áudio, anotações escritas e fotos do ambiente onde a atividade de cultivo é realizada. As entrevistas seguiram o seguinte protocolo:

1. Chegada do entrevistador ao local da entrevista 5 minutos antes do horário agendado.
2. Apresentação do entrevistador e dos objetivos da entrevista.
3. Declaração de sigilo em relação ao conteúdo da entrevista e da anomização do entrevistado.
4. Questionamento sobre a prática da Agricultura Urbana Casual. Tendo como fundamento o Método das Entrevistas Semiestruturadas (Lazar, Feng & Hochheiser, 2017), as entrevistas não se restringiram, mas foram orientadas pelas questões descritas no Apêndice B. Os entrevistados foram estimulados a responder às questões à medida que apresentavam o seu local de cultivo e apontavam suas ações e relações com as plantas. Tendo em vista que as entrevistas foram utilizadas para o desenvolvimento de cenários, o foco dos questionamentos se deu sobre como o agricultor atua dentro do seu ambiente de cultivo, de modo a ressaltar o papel do personagem agricultor nas histórias que acontecem nesse ambiente.
5. Encerramento da entrevista com agradecimentos ao entrevistado pela colaboração com a pesquisa.

Adicionalmente ao protocolo, foram adotadas nas entrevistas as seguintes normas de etiqueta e conduta:

1. Apresentação do entrevistador com traje neutro, isto é, sem nenhuma sinalização religiosa, política, esportiva etc..
2. Uso de um crachá com identificação do entrevistador e do projeto de pesquisa.
3. Solicitação ao entrevistado sobre como preferia ser nomeado.
4. Solicitação de licença ao entrevistado para entrar nos recintos da residência e do ambiente de cultivo.
5. Sentar-se, apenas quando convidado.
6. Inexpressão de opiniões sobre o jardim, pomar, plantas, objetos de decoração etc..
7. Manifestação de cordialidade com o entrevistado durante entrevista.

4.2. A Elaboração de Cenários e a Escolha de um Cenário Relevante

As entrevistas foram conduzidas de modo a estimular os participantes a contarem suas histórias sobre o cultivo de plantas e, a partir da audição e das anotações das entrevistas, os pesquisadores elaboraram 45 cenários de prática da Agricultura Urbana Casual. Os cenários abordaram narrativas variadas englobando plantio, inspeção, reabilitação, transplante, combate a pragas, colheita, distribuição de colheita a amigos e familiares, recepção de muda e descarte, entre outras.

Destacou-se em 65% dos cenários elaborados a atividade do agricultor urbano casual "conversar" com suas plantas. Evidentemente, não se trata de uma conversa no sentido estrito do termo "conversa", mas de um monólogo do agricultor com suas plantas. Na maioria das narrativas isto aparece como algo que ele faz dirigido a uma planta como se ela pudesse compreender o que ele está sentindo ou pensando. Considerando a alta frequência da atividade de "conversa" com planta entre os variados cenários, decidiu-se escolher um cenário onde esta prática apareceu nitidamente. O cenário apresentado no Apêndice A foi escolhido como o mais relevante para os propósitos de *design* deste trabalho. O cenário apresenta a narrativa de uma estória na qual uma personagem, a Senhora X, "conversa" com as plantas que ela cultiva em sua residência.

5. O Dispositivo P_LV: *design*, projeto e implementação

O cenário descrito no Apêndice A foi utilizado para a proposta do *design* de um dispositivo para enriquecer a prática da Agricultura Urbana Casual. Observa-se neste cenário um desejo explicito da Senhora X em falar com suas plantas, e um desejo implícito, não correspondido, de que a planta participe do "diálogo".

A inexistência de recurso que permita à planta participar do "diálogo", como forma de potencializar a experiência do personagem em dialogar com ela – digamos permitindo que a planta "fale" – suscita a ideia de prover recurso que permita à planta expressar o que está "sentindo". Esta ideia está descrita na Figura 2, por meio de um sistema computacional que, usa sensores para sondar as condições do ambiente em que a planta se encontra, e avalia se em tais condições a planta deveria expressar algo como "Alegre" ou "Triste".

Dispositivos equipados com sensores para sondar umidade de solo, temperatura, luminosidade e umidade relativa do ar podem oferecer muito mais informação do que simplesmente indicar algo como "Alegre" ou "Triste". Por exemplo, um dispositivo poderia atuar como um sistema de recomendação ao agricultor sugerindo, por meio de linguagem escrita ou falada, coisas como "necessidade de água", "excesso de temperatura" etc.. A opção por um *design* minimalista, com o dispositivo indicando apenas algo como "Alegre" ou "Triste" adere a três intenções de *design*:

1. *Evitar uma ruptura brusca da experiência do agricultor*: rigorosamente, plantas não falam, não escrevem e talvez, nem sintam qualquer coisa. A ideia de prover o dispositivo apenas com a informação do que a planta pode estar "sentindo" introduz apenas uma suave modificação no cenário, mas potencializa a alteração de uma situação de monólogo do agricultor com suas plantas para um leve "diálogo virtual" com a planta.

2. *Não tirar do agricultor urbano casual o prazer dele mesmo cuidar da planta*: o dispositivo poderia fazer muitas coisas pelo agricultor urbano casual. Por exemplo, um dispositivo poderia irrigar a planta em caso de falta de água, no entanto isto tiraria do agricultor esta atividade. Tendo apenas a informação de que algo vai bem (estar "Alegre") ou algo vai mal (estar "Triste") não introduz modificações significativas na experiência de cultivo do agricultor. Ele continua tendo que inspecionar, diagnosticar e agir para que sua planta fique bem.
3. *Não complicar a atividade de cultivo do agricultor urbano casual*: a introdução de sistema computacional difícil de operar, por exemplo, com conexões de rede que precisam ser mantidas em funcionamento e monitores de vídeo que precisam ser constantemente consultados, poderia acarretar uma carga de trabalho não compensatória para atividade de cultivo. Afinal, em princípio, o que o agricultor urbano casual quer é cultivar suas plantas.

A inexistência de recurso que permita à planta participar do "diálogo", como forma de enriquecer a experiência da personagem em "dialogar" com ela, suscita a ideia de prover recurso que permita à planta expressar o que está "sentindo". Tal ideia poderia ser materializada via um dispositivo, que usa sensores para sondar as condições do ambiente em que a planta se encontra, e infere se, em tais condições, a planta deveria se expressar como "Alegre" ou "Triste".

Figura 2 – O *design* (ideia) de um dispositivo computacional para enriquecer prática da Agricultura Urbana Casual.

O *design* foi materializado por meio do projeto de hardware e de software de um dispositivo denominado P_LV. O módulo principal do P_LV foi montado em uma caixa de dimensões 7 x 10 x 4 cm (Figura 3). A arquitetura do P_LV conta com um microcomputador Raspberry Pi Zero W (Raspberry Pi, 2019), sensor para umidade de solo FC-28, sensor de temperatura e umidade relativa do ar DH T11, sensor de luminosidade LDR e um arranjo em linha de cinco LEDs. Esta versão do P_LV é o resultado da prototipação (Pressman & Maxim, 2014) sobre dois outros protótipos: (1) o protótipo 1 foi montado em placa de ensaio (*protoboard*) e contava com o microcomputador Raspberry Pi 3 – modelo B (Raspberry Pi, 2019), maior do que o microcomputador usado na versão final; (2) o protótipo 2 também contava com o microcomputador Raspberry Pi 3 – modelo B, mas teve o seu circuito montado em placa de fenolite. A versão final, que é apresentada na Figura 3, decorre dos esforços de miniaturização das versões anteriores e da avaliação técnica, realizada pelos pesquisadores, com o objetivo de depurar falhas e aprimorar as versões anteriores.

A partir da leitura dos parâmetros ambientais relativos a umidade do solo, luminosidade, temperatura e umidade relativa do ar, o P_LV acende um LED, numa escala de 5 valores variando entre "Triste" e "Alegre" (Figura 3-b), indicando como a planta estaria se "sentindo" nas condições ambientais sondadas.

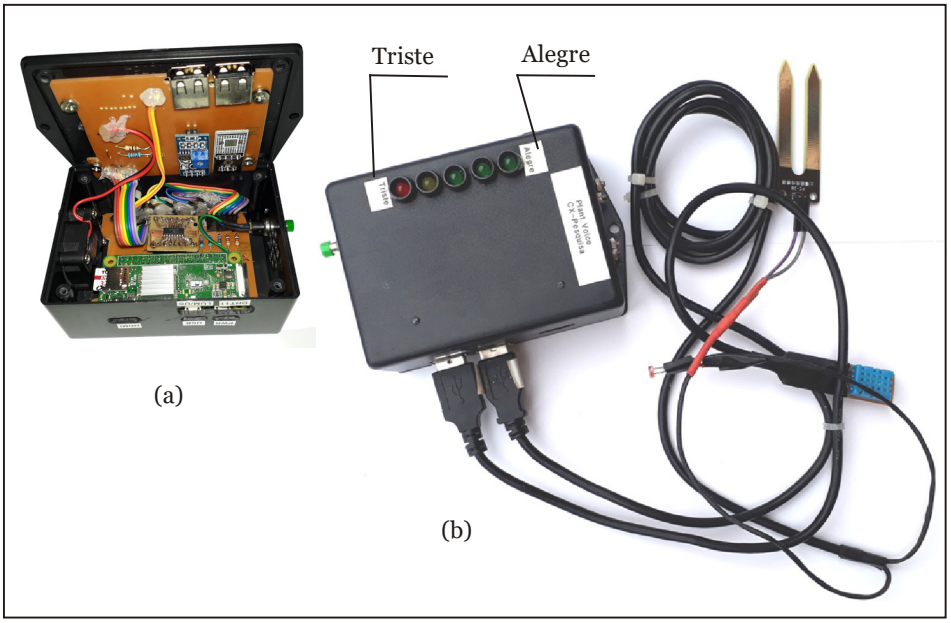


Figura 3 – O dispositivo $P_L V$: (a) visão interna do módulo principal; (b) visão externa do módulo principal e dos sensores de umidade de solo, luminosidade, temperatura e umidade relativa do ar.

Atribuindo números de 1 até 5 para os LEDs na escala de "Triste" a "Alegre" o dispositivo calcula o LED de número *l* a acender, usando a Equação (1)

$$l = PISO\ (\ 25\ (\ p_{US}\, v_{US} + p_{LU}\, v_{LU} + p_{TE}\, v_{TE} + p_{UA}\, v_{UA}\ )\ /^{1}\ 20\ \ )\ +\ 1, \qquad (1)$$

onde v_{US}, v_{LU}, v_{TE} , v_{UA} são, respectivamente, os valores normalizados no intervalo [0.. 1)[2], das leituras dos sensores de umidade do solo, luminosidade, temperatura e umidade relativa do ar e p_{US}, p_{LU}, p_{TE}, p_{UA} são os pesos no intervalo [0 .. 1], que afetam, respectivamente, os valores dos sensores de umidade do solo, luminosidade, temperatura e umidade relativa do ar. Os pesos permitem que o $P_L V$ seja calibrado para funcionar com diferentes plantas. Nesta versão do $P_L V$, o processo de calibração do dispositivo para funcionar com uma determinada planta envolve o ajuste, em laboratório, dos pesos usados na Equação (1).

Lima (2019) descreve um experimento no qual o $P_L V$ foi calibrado para funcionar com a plantas do espécime *Impatiens Hawkeri*, também conhecidas pela marca comercial *SunPatiens*. Um total de 14 agricultores urbanos casuais utilizou o $P_L V$, em suas

[1] O símbolo de divisão usado na nesta equação refere-se à divisão inteira.
[2] O intervalo é fechado à esquerda e aberto à direita, i.e, inclui o valor 0 (zero) mas exclui o valor 1 (um).

residências, durante cerca de quatro dias. Os resultados sugerem que o P_LV é útil, possui algumas inconveniências de uso, mas altera positivamente a experiência do agricultor urbano casual no cultivo de suas plantas.

6. Conclusões e Trabalhos Futuros

Este trabalho de pesquisa envolveu o estudo de cenários sobre a práxis da Agricultura Urbana Casual e a escolha de um cenário, muito frequentemente observado nestes ambientes: o do monólogo do agricultor urbano com suas plantas. Há no cenário do monólogo um desejo implícito do agricultor urbano casual em "dialogar" com suas plantas e isto suscitou o *design* (ideia) de dar "voz" à planta para enriquecer este importante e frequente cenário. Neste trabalho, este *design* foi materializado no dispositivo P_LV, um microcomputador equipado com circuitos sensoriais, envolvido em uma caixa de tamanho 7 x 10 x 4 (cm), software adequado para sondar condições ambientais em que a planta se encontra, e LEDs para emitir sinais de luz que em uma escala de cinco classes variando de "Triste" a "Alegre". O P_LV dá "voz" à planta ao inferir e expressar como a planta poderia estar se sentindo naquelas condições ambientais. Entre as contribuições deste trabalho destacam-se o dispositivo P_LV e a metodologia de *design* utilizada para ideação.

Em relação ao P_LV, resultados de Lima (2019) sugerem que ele é útil, altera positivamente a rotina do agricultor urbano casual, embora possua certas inconveniências de uso tais como o tamanho ainda considerado grande pelos agricultores urbanos casuais. O P_LV também pode ser objeto de pesquisa futura neste ou em outros sentidos. Por exemplo, mesmo sendo muito simples, a Equação (1) mostrou-se útil para ajustar um estado entre "Triste" e "Alegre" para uma variedade de plantas experimentadas. No entanto, um importante trabalho futuro visando aprimorar o dispositivo P_LV, consiste em experimentar classificadores tradicionais da área de Aprendizado de Máquina em substituição ao cálculo expresso pela Equação (1).

A metodologia de *design* utilizada neste trabalho mostrou-se capaz de explicitar oportunidades de se fazer novas coisas (e.g., fazer algo para enriquecer o monólogo do agricultor urbano casual com suas plantas) e despertar a ideia de novas coisas (e.g., o dispositivo P_LV). Essa metodologia pode ser utilizada em outros contextos sendo, por isto, outra importante contribuição deste trabalho.

Agradecimentos

Agradecemos a todos os agricultores urbanos casuais que voluntariamente concederam entrevistas, pelas valiosas contribuições a este trabalho. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradecemos também à CAPES.

Referências

Adams, P., & Hirst, J. (2018). *Plant growing system*. Patent No. WO2018172490A1, Filed March 23, 2018, Issued September 27, 2018.

Botelho, J. M., Lamano-Ferreira, A. P. N., & Ferreira, M. (2014). Prática de cultivo e uso de plantas domésticas em diferentes cidades brasileiras. *Ciência Rural,* 44(10), 1810–1815. doi: http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20131036

Brown, J., Colombo, K., Salem, L., Jeng, N., Stothers, R., & Lees, S. (2017). Polar coordinate Farm Bot final project report. Retrieved from: https://digitalcommons.calpoly.edu/imesp/205/.

Carroll, J. M. (2000). *Making use: scenario-based design of human-computer interactions*. Cambridge, MA, USA: MIT Press.

Cheema, G. S., Smit, J., Ratta, A. & Nasr, J. (2011). *Urban agriculture: food, jobs, and sustainable cities* (2nd Ed.). New York, NY, USA: United Nations Development Programme.

Choi, J. H., Foth, M., & Hearn, G. N. (2013). *Eat cook grow: mixing human-computer interactions with human food interactions*. Cambridge, MA, USA: MIT Press.

Ferrer, E. C., Rye, J., Brander, G., Savas, T., Chambers, D., England, H., ... Harper, C. (2019). Personal Food Computer: a new device for controlled-environment agriculture. Retrieved from: https://arxiv.org/abs/1706.05104

Goyal, N. K. (2016). Hydrobase: an IoT gardening application. (Master's thesis in Computer Science), San Jose State University, San Jose, CA, USA. doi: https://doi.org/10.31979/etd.kj96-myau

Lazar, J., Feng, J., & Hochheiser, H. (2017). *Research methods in human-computer interaction* (2nd. Ed.). Burlington, MA, USA: Morgan Kaufmann.

Lima, W. B. (2019). *Trazendo "Voz" a Plantas: design e implementação de uma solução para assistir a Agricultura Urbana Casual*. Master Thesis in Computer Science), Unifaccamp, Campo Limpo Paulista (SP), Brasil. Retrieved from: http://www.cc.faccamp.br/Dissertacoes/Waldinei_2019.pdf

Lyle, P., Choi, J. H., & Foth, M. (2013). HCI for city farms: design challenges and opportunities. *Lecture Notes in Computer Science*, 8120, 109–116. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-40498-6_7

Lyle, P., Choi, J. H., & Foth, M. (2015). Growing food in the city: design ideations for urban residential gardeners. In *Proceedings of the 7th International Conference on Communities and Technologies,* (pp. 89–98). New York, NY, USA: ACM Press. doi:http://dx.doi.org/10.1145/2768545.2768549

OpenAg (2019-a). *Wiki Farming for the Future*. Retrieved from: https://wiki.openag.media.mit.edu/start.

OpenAg (2019-b). *Open Agriculture Initiative*. Retrieved from: https://github.com/OpenAgricultureFoundation.

Pressman, R. S., & Maxim, B. (2014). *Software engineering: a practitioner's approach* (8th Ed.). New York, NY, USA: McGraw Hill Education.

Raspberry Pi (2019). *Teach, learn, and make with Raspberry Pi*. Retrieved from: https://www.raspberrypi.org/

Shamshiri, R., Kalantari, F., Ting, K. C., Thorp, K. R., Hameed, I. A., Weltzien, C., ... Shad, Z. M. (2018). Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: a transition to plant factories and urban agriculture, *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11(1), 1–22. doi:10.25165/j.ijabe.20181101.3210

Teittinen, J. (2013). *Development of an open home garden automation system*. (Master's thesis in Electrical Engineering), Karelia University of Applied Sciences, Joensuu, Finland.

USDA (2019). *Welcome to the PLANTS database*. Retrieved from: https://plants.sc.egov.usda.gov/java/.

Woltz, R. M. (2018). *Plant growing container*. Patent No. US D823 156 S, Filed Nov . 19 , 2016, Issued July 17, 2018.

Apêndice A: O Cenário Escolhido para o Design de um Dispositivo para Enriquecer a Prática da Agricultura Urbana Casual

Código: CE08.

Título: "Conversando" com plantas.

Personagens: Senhora X.

Configuração: A Senhora X é moradora da cidade de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil, fazendo um passeio pelo jardim de sua residência, no dia 03/09/2018 às 07:00.

Estória.

A senhora X possui um jardim com uma grande variedade de plantas, ela tem o hábito de passear por entre as plantas, diariamente e preferencialmente na parte da manhã. Ela se sente mais confortável por estar sozinha neste momento, ainda é possível observar alguns passarinhos em seu pomar.

A senhora X crê que o passeio é uma forma de terapia, porque ela "conversa" com as plantas enquanto passeia pelo seu jardim.

— Oi querida, você parece meio triste hoje, o que houve?

A Senhora X observa que uma de suas plantas parece estar menos vistosa naquela manhã.

— Por que você está com menos brilho?

Pergunta a Senhora X com carinho e tocando levemente na planta.

— O que você está querendo?

Enquanto "conversa" com a planta, a Senhora X busca na memória os últimos cuidados que ela dedicou à planta.

— Acho que eu deixei você muito no sol, não é mesmo?

Ela pega com cuidado o vaso com a planta e o acomoda na sombra de outra planta maior.

— Vou deixar você um tempo aqui, amanha verei como você está.

Continuando o passeio pelo jardim, a Senhora X "conversa" com muitas outras plantas.

— Vejo que você esta muito linda, obrigado por esta flor.

Ela agradece, admirando a flor de uma orquídea.

A Senhora X continua andando e observando suas plantas, até ter a convicção de que todas foram observadas.

A Senhora X sente-se muito alegre por poder cuidar de plantas. Para ela, além do cuidado, sente-se bem ao "conversar" com as plantas.

Apêndice B: Questões Planejadas para Orientar as Entrevistas Semiestruturadas

1. Quais plantas você cultiva? Por que cultiva plantas em sua residência?
2. Você possui alguma rotina de cuidado com suas plantas? Se você possui uma rotina, poderia contar sobre esta rotina?
3. Se não possui uma rotina, poderia, por favor, contar quando e como cuida de suas plantas?
4. Como você identifica que uma planta não está bem? Que procedimento usa caso perceba que uma planta não está bem?
5. Se uma planta morre, que processo usa para a sua substituição?
6. Costuma ler ou pesquisar algo sobre plantas para melhorar seu cuidado com elas? Se sim, poderia descrever como faz isto?
7. Como você escolhe qual planta deve cultivar? Poderia dizer como faz isto? Você conversa com outras pessoas, frequenta comércio de plantas? Poderia contar alguma história que tenha acontecido?
8. Se alguma planta produz fruto, você costuma distribuir frutos para amigos ou familiares? Você poderia contar alguma história sobre isto?
9. Se alguma planta produz fruto, você costuma distribuir frutos para amigos ou familiares? Você poderia contar alguma história sobre isto?
10. Você oferece muda de plantas a amigos e familiares? Poderia narrar alguma situação em que você fez isto?
11. Você tem alguma planta preferida? Se você tem, por que ela é a preferida? Você dá a ela cuidados especiais? Poderia narrar você oferecendo cuidados especiais à planta preferida?
12. Você poderia contar alguma história que aconteceu com você e suas plantas?

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 19/10/2019
Aceitação/Acceptance: 30/12/2019

Estudio de la evolución de la Seguridad de la Información en Colombia: 2000 - 2018

Jeimy J. Cano M.[1], Andrés Almanza[2]

jcano@uniandes.edu.co, andres.almanza@acis.org.co

[1] Facultad de Derecho, Universidad de los Andes, Bogotá, Cra 1E No. 18A-10, Bogotá, Colombia.

[2] Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas - ACIS, Bogotá, Calle 93 No. 13-32 Of. 102, Bogotá, Colombia.

Pages: 470–483

Resumen: El estudio evolutivo de la Seguridad de la Información en Colombia es un esfuerzo realizado por la Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas (ACIS), quien durante 19 años han venido aplicando una encuesta de seguridad de la información con el fin de estudiar y entender el comportamiento de la seguridad en el contexto colombiano. Esta encuesta que cuenta con 40 preguntas, agrupadas en 7 temáticas, se realiza anualmente en línea, con la participación de todos los sectores productivos y empresas del país. El análisis de los resultados de los últimos 18 años evidencia la evolución de esta temática como elemento relevante para las organizaciones y sus retos actuales, y así mismo, verifican las tendencias internacionales detalladas en otros ejercicios realizados por empresas multinacionales sobre el tema.

Palabras-clave: Seguridad, Evolución, Colombia, Análisis, Longitudinal.

Study of the evolution of Information Security in Colombia: 2000 - 2018

Abstract: The evolutionary study of Information Security in Colombia is an effort made by the Colombian Association of Systems Engineers (ACIS in spanish), who for 19 years have been applying an information security survey in order to study and understand the behavior of security in the Colombian context. This survey, which has 40 questions, grouped into 7 themes, is carried out annually online, with the participation of all productive sectors and companies in the country. The analysis of the results of the last 18 years, shows the evolution of this topic as a relevant element for organizations and their current challenges, and likewise, verifies the international trends detailed in other exercises carried out by multinational companies on the subject.

Keywords*:* Security, Evolution, Colombia, Analysis, Longitudinal.

1. Introducción

Conocer y revisar las tendencias sobre los avances en seguridad y control a nivel internacional, establece que múltiples organizaciones públicas y privadas adelanten encuestas para identificar los patrones más comunes de comportamientos, uso e incorporación de tecnologías de información o prácticas de protección de la información, en las diferentes regiones del mundo. América latina no ha sido la excepción cuando se advierten diferentes ejercicios de cuestionarios remitidos por empresas multinacionales para detallar las necesidades y prácticas de seguridad de la información en esta porción del mundo hispanoparlante.

Si bien los resultados de estas iniciativas establecen aspectos relevantes de temáticas claves para las organizaciones de la región latinoamericana, muchas se concentran en países como México o Brasil, como las economías más sobresalientes de la región, lo cual puede generar sesgos en los análisis particulares para cada país que no se tiene en cuenta formalmente. En este sentido, la Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas – ACIS -, una entidad sin ánimo de lucro, neutral y académica, ha venido realizando un ejercicio sistemático de evaluación de tendencias en seguridad de la información, durante los últimos 18 años en Colombia, para establecer aquellas propias de su evolución y cómo las empresas han abordado los retos que la inseguridad de la información les ha planteado en ese periodo de tiempo.

Esta encuesta se basa en un cuestionario de aproximadamente 40 preguntas, en diferentes categorías como demografía, fallas de seguridad, herramientas y prácticas de seguridad, políticas de seguridad, presupuestos, temas emergentes y capital intelectual, las cuales buscan profundizar en diversos aspectos claves de la gestión y gobierno de la seguridad de la información de las empresas en Colombia. Este instrumento se encuentra estandarizado y validado luego de más de 10 años de aplicación y ajuste, lo que sugiere confiabilidad y validez de los resultados consolidados en este estudio donde se fundan las respuestas de 18 años de aplicación.

Las tendencias identificadas como resultado del análisis agregado de la información de casi dos décadas establecen una serie de consideraciones sobre la evolución de la práctica y gestión de la seguridad de la información en Colombia, así como las temáticas que marcan la pauta para los ejecutivos de seguridad de la información en el país. De igual forma, los patrones derivados del estudio se contrastan con reportes sobre el estado de la práctica global emitidos por organizaciones privadas como EY, PwC (Price Waterhouse Cooper), IBM, ESET, entre otras, con el fin de confirmar si las consideraciones que se identifican en el estudio de ACIS, responden a la realidad internacional y, así establecer las particularidades propias para Colombia.

Para dar cuenta de los análisis realizados, este documento se estructura de la siguiente forma. Se inicia con una sección de antecedentes del ejercicio realizado por ACIS desde inicios del nuevo milenio, luego se detalla la estructura de la encuesta en cada uno de sus componentes, para dar contexto al estudio que se realiza. Seguidamente se presentan los resultados de los 18 años, identificando tendencias en cada uno de los componentes de la encuesta, para luego hacer un análisis de éstas con las implicaciones para los gerentes de seguridad de la información en Colombia y finalmente un conjunto conclusiones en tres contextos: para las empresas, los gerentes de seguridad y el país.

2. Antecedentes

Reconocer las tendencias en el ejercicio de protección de la información demanda una mirada abierta y plural, para comprender las diferentes aproximaciones que se pueden tener al explorar los retos y amenazas emergentes en seguridad de la información. En este proceso de consultar y analizar los diferentes documentos internacionales sobre el estado de la seguridad de la información, se identifican aspectos relevantes asociados con los temas que se incluyen en la encuesta nacional de seguridad de la información de ACIS.

Así las cosas, la encuesta nacional mencionada se fue afinando año con año, considerando las prácticas internacionales y las preguntas propias de los reportes globales que fueron consultados, para tener un cuestionario base que permite analizar diferentes vistas de la información, y que indague en los retos y dinámicas de la seguridad de la información en Colombia.

Dentro de los estudios referentes que se consultaron y analizaron se encuentran el Global State of Information Security realizado por la firma Pricewaterhousecoopers (PwC, 2017), el Global Information Security Survey consolidado por la empresa Ernst &Young (EY, 2018), el Informe Anual de Seguridad de la compañía Cisco (CISCO, 2019), el reporte X-Force Threat Intelligence de IBM (IBM, 2018), los resultados del documento State of Cybersecurity Implications elaborado por ISACA (ISACA, 2018; ISACA, 2018b), las consideraciones del ESET Security Report LATAM (ESET, 2018) y la vista del CyberSecurity Report LATAM realizado por el Banco Interamericano de Desarrollo - BID y la Organización de Estados Americanos – OEA (OEA-BID, 2016).

3. Metodología

En esta sección se presentan los aspectos metodológicos de esta investigación, describiendo los detalles del proceso realizado, la preparación del instrumento de recolección, la estrategia de recolección de la información, así como los ejercicios propios de tabulación de la misma.

3.1. Perspectiva metodológica

La aproximación cualitativa de este estudio, buscar comprender los factores o fenómenos relevantes a la seguridad de la información en el contexto colombiano. En este sentido, se considera que la realidad de la seguridad del país se construye basado en las interacciones e interrelaciones que las empresas y las personas desarrollan para revelar una realidad particular y propia del país, sin perjuicio de sus semejanzas con otras naciones en el mundo. Por tanto, bajo la perspectiva cualitativa se busca entender la experiencia que las personas poseen en ciertas temáticas consideradas claves en materia de seguridad y ciberseguridad.

3.2. Instrumento de investigación.

Este estudio se realiza basado en un cuestionario de 40 preguntas, con selección múltiple (incluida la opción abierta para otros, cuando es necesario), donde cada participante de la encuesta en línea puede indicar sus preferencias y establecer, basado en su

experiencia, las respuestas con las que más se identifique. Lo anterior corresponde a la observación de fenómenos tal y como se dan en un entorno, sin la intervención directa de los investigadores, con el fin de examinar cambios a lo largo del tiempo en grupos específicos que están vinculados con las labores relacionadas con la gestión y el gobierno de la seguridad de la información en Colombia.

La encuesta está compuesta por las siguientes 7 temáticas:

Capital Intelectual: Esta sección identifica los elementos claves relacionados con el talento humano en el mundo de la seguridad/ciberseguridad.

Demografía: sección relacionada con los aspectos de la población, tipo de perfiles que contestan la encuesta y las características básicas de los sectores empresariales que participan.

Fallas de seguridad: Describe lo relacionado con los desafíos en términos de ciberseguridad/seguridad a lo que las empresas se exponen.

Herramientas y prácticas de seguridad informática: Describe cuales son los mecanismos, herramientas usados en los ambientes organizacionales.

Políticas de seguridad: Esta sección aborda las dinámicas relacionadas con los procesos y prácticas a nivel de gestión y protección de la información en la organización.

Presupuestos: La sección aborda los temas relacionados con las inversiones en materia de ciberseguridad/seguridad que las empresas realizan.

Temas Emergentes: La sección identifica aquellos elementos que pueden afectar a las organizaciones en los próximos años o la relevancia de algunos temas importantes en el mundo de la ciber/seguridad.

Las siete temáticas seleccionadas están basadas en la revisión de los estudios referentes consultados y las necesidades de los ejecutivos de las empresas para efectos de comparación frente a otros.

3.3. Población encuestada.

La encuesta año tras año es distribuida a través de correo electrónico, a una comunidad de más de 3000 profesionales registrados en la Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas (ACIS), redes sociales y grupos o comunidades de ciberseguridad/seguridad de la información en Colombia, más de 10 grupos y/o comunidades de alrededor de 500 personas o más, para ser diligenciada de manera virtual, a través de un formulario en la Web configurado a través de la plataforma Surveymonkey. La población seleccionada responde a la comunidad de seguridad de la información que se tiene en Colombia, que se coordina desde la ACIS hace 19 años, quienes están al frente de las operaciones y gerencia del área en el país, de los cuales, en promedio durante los años evaluados, participan 186 profesionales a nivel nacional.

3.4. Planificación del documento.

Año tras año se hace una revisión y análisis del cuestionario utilizado por parte de los investigadores que apoyan el proceso de ejecución y análisis de la encuesta, con el fin de

efectuar los ajustes que sean necesarios y sí contar con un instrumento más depurado y acorde con la evolución de las temáticas en seguridad de la información.

Luego de estas adecuaciones y modificaciones se procede a utilizar la plataforma virtual destinada para tal fin, para realizar las pruebas de funcionalidad y de cohesión en relación con la dependencia de las preguntas. Seguidamente se hace el despliegue de la encuesta a todas las comunidades que se han definido.

3.5. Procesamiento.

Una vez concluida la encuesta se extraen las respuestas totales del cuestionario en una hoja cálculo, para adelantar el estudio de los datos planeados utilizando otras herramientas de análisis adicionales que permitan generar reflexiones particulares a cada una de las temáticas del cuestionario, así como vistas cruzadas de algunos de los temas de interés.

4. Resultados

Los resultados que se presentan a continuación corresponden a los valores promedios más importantes y relevantes de la encuesta en las 7 temáticas establecidas.

4.1. Demografía

Frente a la demografía de los participantes de la encuesta se identifica que sectores como Educación 16%, Servicios Financieros 15%, Gobierno 14%, y la Consultoría Especializada 13%, son los que han participado consistentemente durante los últimos 18 años. En relación a los tamaños de las empresas participantes las compañías entre 1000 a 5000 personas tiene la mayor participación con 28%, seguido de las empresas de 1 a 50 empleados con el 19%. Así mismo, al revisar el cargo de las personas que diligencian la encuesta se encuentra que son las áreas de TI (Profesionales y Directores) con un 42%, junto con las áreas de seguridad (CISO, ISO, Profesionales de Seguridad) con un 16% de participación. De igual forma se advierte, que de manera preferente las áreas de seguridad dentro de la organización dependen de las áreas de TI con 38%, la segunda posición relaciona a una Dirección de Seguridad con un 19%, y un 17% manifiesta no tener formalmente definido una dependencia en este tema. En esta misma medida las funciones principales de las áreas de seguridad en cabeza de su responsable se relacionan con la protección de la información empresarial con un 23%, seguido de la definición de controles de TI con un 21%. De otra parte, se encuentra que los roles más usados están relacionados con la figura de Analista (Seguridad Informática, Seguridad Información) con el 15%, seguido del cargo de Oficial de Seguridad de la Información (CISO) con un 11%.

4.2. Presupuestos

Los encuestados manifiestan con un 39% que durante estos 18 años se han definido y asignado presupuestos para la seguridad de la información. La asignación presupuestal más común durante los años con un 27%, oscila entre los $US20.000 y $US50.000 dólares americanos. Así mismo, los resultados consolidados indican, en un 12%, que el presupuesto asignado en general a la seguridad corresponde al rango del 0% al 2% del presupuesto global de las empresas.

Las inversiones mencionadas previamente están centradas en la adquisición de tecnologías de seguridad informática con un 52%, el 40% a la renovación de licenciamiento de hardware y software en materia de seguridad, 35% para contratar los servicios de consultoría de terceras partes y un 33% para capacitar/actualizar al personal de seguridad de la organización.

4.3. Incidentes

Los resultados establecen que en el contexto colombiano se presentan entre 1 a 3 incidentes con un 25%. El tipo de incidente que más se reporta, con un 42%, son los virus/caballos de troya que durante los años ha sido el que más se presenta. Seguidamente, frente al reporte de incidentes dos elementos son relevantes para esta práctica: no se tienen contactos con las entidades que atienden estas situaciones con un 71% y no se denuncian por los efectos en que puede ocasionar en la reputación con un 33%. Así mismo, solo el 16% manifiesta que lo haría si y solo sí, existen canales de comunicación privados y con fuertes mecanismos de seguridad y control. Los instrumentos más usados para conocer acerca de la presencia de un incidente es el análisis de registros de auditoría con un 29%, los cuales inicialmente son informados a las directivas de la propia organización en un 28%, para que ellos sean quienes decidan qué hacer. EL 51% de los participantes manifiesta tener conciencia de la evidencia digital como herramienta para avanzar en el tratamiento de los incidentes de seguridad, sin embargo, solo el 24% manifiesta que han creado procedimientos y procesos al interior de sus organizaciones para administrar este tipo de evidencia.

4.4. Herramientas y prácticas de seguridad.

Los datos muestran que durante los últimos 18 años la herramienta de seguridad más utilizada por los diferentes sectores, empresas e industrias son los Firewalls con un 62%; de igual manera las organizaciones en Colombia realizan evaluaciones de seguridad a sus ambientes en un 68%. De este total, el 32% las realizan al menos una vez por año y un 25% no desarrolla este tipo de ejercicios. Finalmente, los profesionales de seguridad se mantienen informados sobre las fallas de seguridad a través de la lectura de revistas especializadas que adviertan sobre nuevas vulnerabilidades.

4.5. Políticas de Seguridad.

A la fecha la política de seguridad de la información se ha formalizado al interior de las empresas en más del 70% de los participantes de todos los sectores, como un instrumento clave que les ayuda en su proceso de gestión. El estándar de la industria de más uso en Colombia, con un 37%, es la familia ISO/IEC 2700x. Así mismo, opinan los encuestados con un 47% que la presencia y exigencia de las regulaciones en el contexto nacional generan un marcado interés para motivar acciones en el tema seguridad en las organizaciones. Basado en lo anterior, al indagar por los obstáculos que impiden el desarrollo de la seguridad en las organizaciones, los datos muestran que la cooperación entre áreas/departamentos en las empresas, con un 28%, es la causa principal por la que esto sucede. La gestión de riesgos de seguridad es otra de las variables estudiadas en las empresas de Colombia. Los datos muestran que un 73% realiza ejercicios periódicos de evaluación de riesgos y en esa dinámica cerca del 37% de esta población, lo realiza al

menos una vez al año. La metodología de Gestión de riesgos más usada es la definida por el ISO 31000 con un 24%. Se identifica adicionalmente en los resultados, que cuando los participantes indican que no realizar evaluaciones de riesgos de seguridad, la razón de no hacerla es, porque está integrada al modelo corporativo general de gestión de riesgos lo cual ocurre en un 13%. En dicho modelo, los riesgos de seguridad son asociados con la categoría de riesgos operativos en un 47%.

4.6. Capital Intelectual.

Los profesionales de seguridad en Colombia tienen ciertas características basadas en los datos recolectados. Durante los años evaluados se encuentra que las áreas de seguridad de las empresas cuentan con 1 a 5 miembros en un 40% y se espera que sus profesionales tengan más de 2 años de experiencia en los temas de seguridad con un 37%, así como estudios de posgrado en la materia y certificaciones que validen sus conocimientos. La certificación más valorada es la CISSP (Certified Information Security Professional) con el 52%. En Colombia los encuestados ven a la Academia con una participación del 20% de participación ofreciendo programas formales de formación en seguridad.

4.7. Temas Emergentes.

En esta sección durante los años analizados se han identificado algunos temas claves que han venido evolucionando con el tiempo. El primero de ellos tiene que ver con la forma en como la alta dirección de las organizaciones en Colombia interactúan con la seguridad. El 26% de la población manifiesta que la alta gerencia se involucra con la seguridad en sus empresas, entienden los temas, participan y toman decisiones en esta materia. De otra parte, el CISO (Director de Seguridad de la Información) entrega a las juntas directivas información técnica (vulnerabilidades, etc.) en un 37%. En consecuencia, el CISO se posiciona, en la mayoría de las respuestas, como un implementador de la seguridad en un 25%, seguido de una lectura como un supervisor con un 23%. En este sentido, las habilidades que más debe fortalecer están relacionadas con el liderazgo en un 50% para que pueda tener un mayor impacto dentro de las organizaciones y cambie la forma en como se ve este perfil en la empresa. El CISO como un facilitador del proceso visualiza a la computación en la nube como uno de los temas que más le inquieta con un 59%, las amenazas persistentes avanzadas con el 58% y la fuga de información con el 55% como los asuntos que más generan tensión en el futuro del desarrollo de sus funciones y sus implicaciones en el impulso de los negocios de la organización.

5. Análisis de Resultados

5.1. La industria colombiana y la ciberseguridad.

La consolidación de 18 años de datos recolectados, en este estudio longitudinal para la realidad de la seguridad de la información en Colombia, se pueden observar que los sectores como el Financiero, el sector Gobierno, la Educación, Consultoría Especializada y las Telecomunicaciones, han sido los que muestran más entusiasmo por entender sus dinámicas en materia de seguridad y control. Se espera que siga creciendo la participación de estos sectores en la realización del ejercicio en los años futuros. Con crecimiento

sostenido viene el sector Salud, participando en los estudios de esta naturaleza y que ratifica las tendencias internacionales que ven en este sector un nuevo frente de atención en el mundo de la ciberseguridad.

Con el transcurrir de los años los datos muestran que las empresas colombianas crean las posiciones relacionadas con la seguridad de la información al interior de las empresas. Dentro de ellas, el cargo "Oficial de Seguridad de la Información (CISO)", así como el Director de Seguridad de la Información, son ahora quiénes diligencian con frecuencia la encuesta. Sin importar el sector, ni el tamaño, este cargo es el de mayor crecimiento según los datos analizados. Los datos muestran que este cargo formalmente se empezó a usar desde el año 2009 en Colombia y durante este tiempo ha ganado espacios a nivel táctico y presencia en las empresas del país. De igual forma, los resultados indican como la posición del ejecutivo de la seguridad (el CISO) poco a poco, se empieza a desconectar de las áreas de Tecnología de la Información, ganando espacios claves basados en las dinámicas de los negocios de la empresa y la expansión de sus funciones al interior de las organizaciones

Los datos adicionalmente muestran que la seguridad ha hecho presencia en Colombia desde el año 2002, con el profesional de seguridad informática como el rol que las organizaciones crearon para responder a las necesidades de atender los temas relacionados con la protección de la información. Con el pasar de los años la encuesta toma más fuerza entre los profesionales de seguridad de la información y se advierte una disminución de la participación de las áreas de Tecnologías de la Información.

En Colombia los datos sugieren que existen áreas de seguridad al interior de las empresas y que estas tienen dinámicas propias en los distintos sectores de la industria. El seguimiento durante los años revisados muestra que, en primera medida las áreas tienen un Director/ Jefe de Seguridad de la Información propio o dependen directamente de las áreas de Riesgos. Los hechos confirman que las áreas de seguridad se crean, existen y se mantienen a lo largo del tiempo, lo cual muestra un creciente interés de las empresas en los temas de seguridad y lo que exige asignar responsabilidades en dicha materia (figura 1).

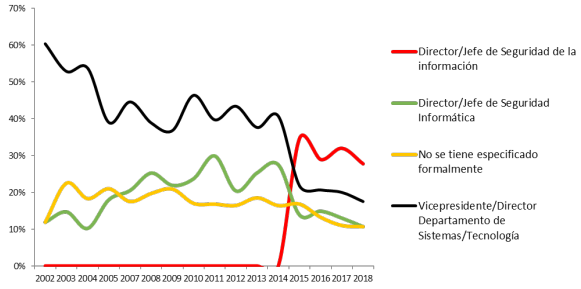


Figura 1 – *Dependencia del área de seguridad.* (Elaboración propia)

Los resultados de este estudio son confirmados en las tendencias internacionales en reportes como el estudio de Seguridad realizado por Deloitte-NASCIO (2018) que retira la mayor presencia de las áreas de seguridad y ciberseguridad tienen. De igual

manera, el informe de ciberseguridad auspiciado por la OEA (Organización de Estados Americanos) y el BID (Banco Interamericano de Desarrollo) para los años 2016-2017 resalta que "La conciencia de la importancia de desarrollar estrategias de seguridad cibernética está aumentando entre los países de la región de América Latina y del Caribe (ALC). Algunos de ellos ya tienen una estrategia en operación, como Colombia, Jamaica, Panamá y Trinidad y Tobago. Otros países están en proceso de su desarrollo, como Costa Rica, República Dominicana, Perú, Paraguay y Suriname. El nivel de madurez de estas estrategias varía, incluso en términos de proporcionar un marco para la cooperación entre los organismos gubernamentales y con actores externos" (OEA-BID, 2016).

5.2. Inversiones y Presupuestos en Ciberseguridad en Colombia

Los datos de estudio revelan que las empresas, sin importar su tamaño o sector, hacen inversiones en seguridad, acordes con su realidad. Si bien, la encuesta permite saber el porcentaje asignado de todo el presupuesto y el monto establecido en rangos, la respuesta que ha mantenido un valor significativamente alto está relacionado la opción "no se cuenta con la información". Esto se explica dado que, si bien en Colombia la figura del Oficial de Seguridad existe, es posible que el presupuesto aun no pase por sus manos y siga siendo manejado desde otras áreas como la de Tecnologías de la Información. Aun así, los datos muestran que el valor promedio de este presupuesto está en el intervalo de 0% al 2% del presupuesto global de las compañías, valores sujetos a los tamaños de las empresa e industrias. Así mismo, los análisis sugieren que el sector financiero es el que más asignaciones presupuestales hace en relación con otros sectores de la industria en Colombia. En todos los casos, los datos confirman que la tendencia de seguir asignando presupuestos al tema se sostiene y que los montos mayoritariamente asignados en la realidad colombiana están por debajo de los $US 50.000 dólares, en las pequeñas y medianas empresas. Sin embargo, las grandes empresas de más de mil empleados se espera que sigan manejando los montos por encima de los $US 100.000 dólares como se observa en la Figura 2.

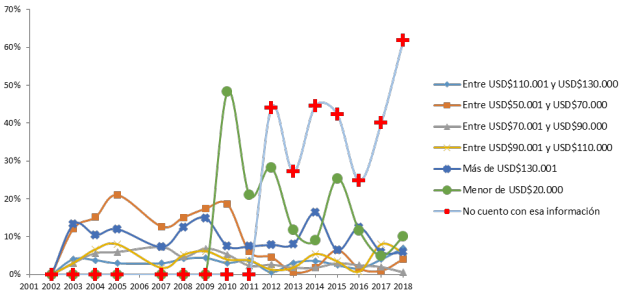


Figura 2 – *Presupuestos asignados.* (Elaboración propia)

Las inversiones en seguridad en Colombia según los datos del estudio muestran que los montos de presupuestos asignados se asocian en su mayoría a la consecución y mantenimiento de las tecnologías de seguridad, que, a pesar de los ajustes de las

opciones que se han hecho a la encuesta, agregando, ajustando o eliminando criterios en este tema, la tendencia ha sido equivalente. Inversiones en componentes técnicos como soluciones de VPN (Virtual Private Networks), Soluciones Antimalware, Firewall, IPS/IDS, y sistemas biométricos son los mecanismos que más adquieren las organizaciones colombianas. Las empresas de tamaños pequeños o medianos, con presupuestos menores a $US 50.000 dólares americanos, invierten en este tipo de tecnologías; mientras las empresas grandes, de más de 1000 empleados, han ampliado su portafolio de inversiones, invirtiendo en nuevas tecnologías de protección (Inteligencia de Amenazas, SIEM, entre otros). Los datos confirman como tendencia que se mantendrá la inversión en tecnologías de seguridad y control como un mecanismo para estabilizar y fortalecer las posturas de seguridad de las empresas colombianas.

Según la Encuesta Global de Seguridad de la Información de la firma EY (2018), ratifica, en el tema presupuestal, lo evidenciado en el estudio de Colombia en 18 años. Según este informe, en los últimos 12 meses el 59% de las empresas manifiestan usar y hacer crecer sus presupuestos en materia de seguridad y ciberseguridad. Adicional, se espera mayores asignaciones presupuestales futuras con crecimiento de al menos 25%. Todos los informes consultados, así como en la realidad de Colombia a través de este estudio, manifiestan que siempre se necesitarán más presupuestos de inversión para la seguridad; lo importante, según el informe de EY (2018), es priorizar dichas inversiones. De acuerdo con este, la prioridad de inversión está en utilizar la inteligencia de amenazas como una de las herramientas claves, en asocio con los terceros especialistas en la materia para enfrentar las amenazas existentes.

5.3. Realidad de Colombia en materia de Incidentes de Seguridad Digital

El promedio de incidentes en Colombia según los datos está en el rango de 1 a 3, como el intervalo más sostenido y con mayor crecimiento. Los Virus/Caballos de troya a lo largo de este estudio se han mostrado como la presencia más significativa con un 42%; sin embargo, no es el que más crece en el tiempo. Las instalaciones de software no autorizado 28%, Ingeniería social 26%, Phishing 23% y Ransomware 18%, son los de crecimiento sostenido durante los años. La gestión de los incidentes al interior de las empresas colombianas tiene características concretas. Son los directivos a quienes se les notifica en primera instancia, dato que es de tendencia sostenida con 58%. Contactar las autoridades se fortalece con un 49% y en esa misma medida a ellos se les notifica en un 16%. Los equipos de CSIRT son, con un 35%, lo más usado por las empresas para ser notificados de las fallas de seguridad.

Al revisar porque no se denuncian los incidentes de seguridad en ninguna instancia, la pérdida de reputación se identifica como el mayor desafío y mayor riesgo para las empresas representado con un crecimiento sostenido durante los años de estudio en un 30% y en segundo lugar, la pérdida de clientes actuales y potenciales con un 25% (Ver Figura 3).

De esta forma, Colombia se adhiere a la realidad global en materia de incidentes de seguridad digital; tendencias que se ven reflejadas en el informe del Foro Económico Mundial en su XIV edición (WEF, 2019), que cataloga a los ciberataques como una realidad global. De la misma manera, el estudio de EY (2018) manifiesta que al menos el 69% tiene alguna capacidad para atender los incidentes de seguridad y solo el 8%

tienen planes robustos para atenderlos. Estudios como el de la firma Accenture (2019), denominado Costo del Cibercrimen de 2018-2019, confirman la tendencia en Colombia, de no denunciar los incidentes de seguridad por la posibilidad de tener pérdidas de sus clientes actuales o potenciales.

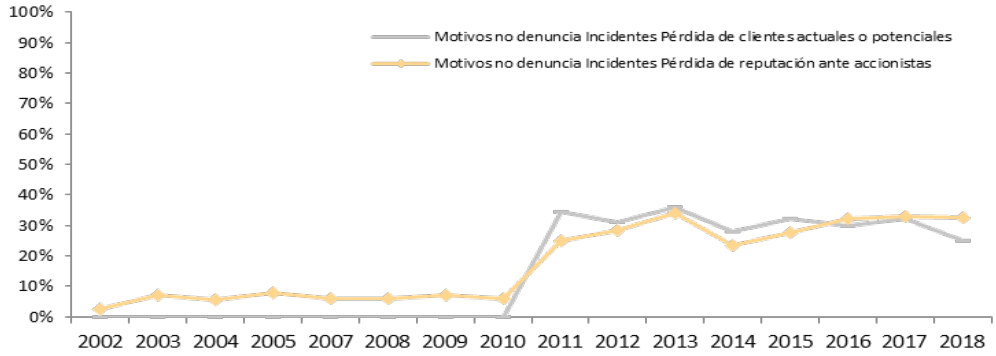


Figura 3 – *Gestión de Incidentes y sus efectos*. (Elaboración propia)

5.4. Gobierno y Gestión de la Ciberseguridad en las empresas colombianas.

Sobre los temas de gobierno de la seguridad en las organizaciones colombianas, los datos ratifican dos elementos claves. Primero, se tienen formalmente establecidas y definidas las políticas (directrices) en materia de seguridad que tienen el respaldo de sus procesos y prácticas con un 47% y de igual forma, la práctica de gestión de riesgos en materia de seguridad se registra con un crecimiento sostenido del 68%. Los estándares de la industria como ISO 27001 (58%), ITIL (29%) y Cobit (21%) respectivamente son los estándares más utilizados para definir procesos, procedimientos, mediciones, indicadores y reportes en materia de seguridad en las empresas. Sin perjuicio de lo anterior, se identifican obstáculos para desarrollar satisfactoriamente la gestión de la protección de los activos de información, como son entre otros, la falta o ausencia de cultura organizacional de seguridad de la información con un 49%. Si bien la regulación genera tensiones y exigencias de implementación de medidas de seguridad, el 50% de los participantes manifiesta como valor común el realizar un ejercicio de evaluación de riesgos, basado en la metodología ISO 31000.

El informe de la OEA y el BID (OEA-BID, 2016) resaltan la importancia de la cultura de ciber-seguridad en el país. Este reporte indica que es uno de los elementos claves a la hora hacer adopciones duraderas de seguridad en las organizaciones, conclusiones que ratifican los resultados del estudio consolidado en Colombia: la falta de Cultura en Ciberseguridad es uno de los obstáculos más influyentes a la hora de implementar modelos de ciberseguridad. Por su parte EY (2018) resalta que “Las compañías necesitan integrar la ciberseguridad en toda la estructura, estrategia y cultura corporativa (…) Esto comienza con un Comité que incorpore una estrategia cibernética que tome en consideración la amplitud del negocio”, lo que necesariamente impacta la dinámica de las organizaciones y el tratamiento de sus activos de información.

5.5. Profesionales y Líderes de Seguridad Digital (CISO), un camino de aprendizajes.

Los resultados del estudio advierten que el perfil, los roles y las responsabilidades en materia de seguridad es tan variado como la madurez de la organización en el tema de seguridad. Lo primero que se puede decir es que con los años se confirma que el área de seguridad tiene dedicación exclusiva de 1 a 5 personas. El cargo más común con el que se busca a un profesional en seguridad en Colombia es Analista de Seguridad de la Información con un 47% y en un segundo lugar el Oficial de Seguridad de la Información con un 39%. Las responsabilidades más importantes de estos cargos están centradas en velar por la protección de la información empresarial con un 82% y definir los controles de tecnologías de la Información con un 75%. Se prefiere que este profesional cuente con educación universitaria, estudios de postgrados y certificaciones de seguridad, preferentemente CISSP con un 54% y CISM con un 52%. Al CISO hoy lo ven en sus empresas como un profesional que se dedica a implementar los modelos de seguridad y sus tecnologías en un 30%, que le permitan a las empresas estar al día frente a las amenazas digitales existentes. El lenguaje más usado por el CISO es el técnico (37%), generalmente asociado a conversaciones de temas tecnológicos, en las cuales se favorece el miedo, las dudas y la incertidumbre como estrategia para llamar la atención del nivel ejecutivo. En razón con lo anterior, el CISO requiere desarrollar habilidades directivas centradas en la comunicación, liderazgo, pensamiento estratégico y rendición de cuentas que le permita conectarse con la alta gerencia. De acuerdo con los datos, algunos cuerpos directivos en Colombia están interesados y comprometidos con la seguridad, lo que se refleja en que éstos entienden, atienden y comprenden la seguridad en un 32%.

Informes como el de PwC denominado Fuera de las Sombras: CISO está en el centro de atención (PwC Luxemburgo, 2018), revela que el profesional de seguridad está en auge y su rol es cada vez es más protagónico, con presencia en los niveles ejecutivos con un 28%. De otra parte, el informe de Deloitte-NASCIO (2018) resalta que la necesidad del desarrollo habilidades directivas extendidas del CISO, representa un obstáculo para el posicionamiento de la función de seguridad en las organizaciones, resultado que confirma el análisis efectuado para Colombia en esta investigación.

6. Conclusiones

El estudio realizado en Colombia durante 18 años consecutivos alrededor del tema de seguridad de la información establece un referente base de la evolución de esta temática en el país. Los resultados ilustran una serie de tendencias en tópicos particulares, que muestran los cambios que se han venido concretando en la dinámica de sus empresas. La seguridad de la información inició como un tema más propio de las decisiones de área de tecnología de información, donde se consolidó como un referente técnico y operacional, para evolucionar con el tiempo, a una temática táctica y de riesgos clave, que le permite a la empresa comprender la exposición que tiene ahora en un contexto hiperconectado.

De esta forma, las referencias al tema de seguridad de la información en las organizaciones en Colombia, si bien se mantiene entre lo operativo y lo táctico, es un reto para el

ejecutivo de este tema, el Gerente/Director, crear las distinciones necesarias y el lenguaje adecuado para concretar una vista más estratégica, como quiera que, los directivos de primer nivel reconocen la importancia de una lectura de los riesgos digitales emergentes, pero requieren mayor información contextualizada, que los habilite a tomar decisiones informadas sobre la realidad inestable e incierta que representa la inevitabilidad de un ciberataque.

El estudio realizado manifiesta que las inversiones en seguridad de la información se han enfocado alrededor de las tecnologías, su soporte y mantenimiento, así como la contratación de terceros de confianza especializados que les permitan afinar aún más sus capacidades de detección y contención de posibles amenazas en el entorno de los negocios. Sin embargo, se hace necesario desconectar las reflexiones técnicas tanto de los ejecutivos de seguridad de la información como de los miembros de las juntas directivas, para incorporar las prácticas de gestión segura de la información que deben nutrir las actividades diarias de los colaboradores de las empresas, habida cuenta que es allí donde se materializa la distinción de seguridad que produce la confianza requerida por los diferentes grupos de interés de la compañía.

Recientes estudios confirman la alta demanda de las organizaciones por profesionales en seguridad/ciberseguridad (EY, 2018; PwC, 2017), que les ayude a comprender mejor el escenario que tienen y navegar en medio de retos y amenazas inciertas para proteger la promesa de valor de las empresas. Al respecto esta investigación, muestra que aquellos que quieran ser parte de los equipos de seguridad de las compañías en Colombia, no sólo deben acreditar más de dos años de experiencia verificable en el área, sino contar con certificaciones internacionales y formación académica de nivel superior, que le permita consolidar y continuar su proceso de aprendizaje frente a un entorno cada vez más agreste e incierto.

El uso de metodologías estándares como la serie ISO 2700x, Cobit, ISO 31000 y las regulaciones vigentes en el país, muestra las exigencias de los reguladores del país en esta temática y un importante movimiento de las organizaciones para alinearse con este tipo de buenas prácticas, para alcanzar niveles deseados de aseguramiento de la información en el contexto internacional. No obstante, al concentrarse en este ejercicio, la identificación y anticipación de nuevas amenazas digitales, como actividad relevante para defender a la organización de acciones no autorizadas en el futuro, queda confinada a limitados comentarios o noticias de pasillo, que no son ocasión para plantear escenarios o desarrollar simulaciones que brinden mayor información para tomar posiciones de salvaguarda estratégicas claves en el entorno donde se desarrolla su actividad de negocio.

Los resultados del análisis de 18 años de datos de la encuesta nacional de seguridad de la información en Colombia, sugieren patrones y planes de acción para sus empresas, que le permiten entender cómo es su realidad, los aciertos y aspectos positivos de la gestión y prácticas en la protección de la información, así como, aquellos elementos donde deben tomar nota y adelantar las revisiones del caso, para ajustar sus actividades vigentes en sus programas de seguridad de la información, para continuar su proceso evolutivo que las lleve de los estándares que buscan acoger y asegurar, y las habilite para desarrollar capacidades claves que les permitan defender y anticipar en un mundo cada vez más volátil, incierto, complejo y ambigüo.

Referencias

Accenture (2019). Ninth Annual Cost of Cybercrime Study. Recuperado de: https://www.accenture.com/us-en/insights/security/cost-cybercrime-study

CISCO (2019). Annual Cybersecurity Report. Recuperado de: https://www.cisco.com/c/m/en_au/products/security/offers/annual-cybersecurity-report-2018.html

Deloitte-NASCIO (2018). The 2018 Deloitte-NASCIO Cybersecurity Study 2018. Recuperado de: https://www2.deloitte.com/insights/us/en/industry/public-sector/nascio-survey-government-cybersecurity-strategies.html

ESET (2018). ESET Security Report 2018. Recuperado de: https://empresas.eset-la.com/novedad/eset-security-report-2018

EY (2018). Is cybersecurity about more than protection? EY Global Information Security Survey 2018–19. Recuperado de: https://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/ey-global-information-security-survey-2018-19/$FILE/ey-global-information-security-survey-2018-19.pdf

IBM (2018). IBM X-Force Threat Intelligence Index 2018. Recuperado de: https://www.ibm.com/downloads/cas/MKJOL3DG

ISACA (2018). State Of Cybersecurity Study: Security Budgets Increasing, But Qualified Cybertalent Remains Hard To Find. Recuperado de: https://cybersecurity.isaca.org/news-releases/2018/state-of-cybersecurity-study-security-budgets-increasing-but-qualified-cybertalent-remains-hard-to-find

ISACA (2018b). State Of Cybersecurity 2018, Part 2. Recuperado de: https://cybersecurity.isaca.org/csx-resources/state-of-cybersecurity-2018-part-2

OEA-BID (2016). Ciberseguridad: ¿Estamos preparados en América Latina y el Caribe?. Recuperado de: https://publications.iadb.org/es/publicacion/17071/ciberseguridad-estamos-preparados-en-america-latina-y-el-caribe

PwC (2017). The Global State of Information Security® Survey 2018. Recuperado de: https://www.pwc.com/us/en/services/consulting/cybersecurity/library/information-security-survey.html

PwC Luxemburgo (2018). Out of the shadows: CISO in the spotlight!. Recuperado de: https://www.pwc.lu/en/digital-services/cyber-security/out-of-shadows-ciso-in-the-spotlight-2018.html

WEF (2019). Global Risks Report 2019. World Economic Forum. Recuperado de: https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2019

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 19/10/2019
Aceitação/Acceptance: 28/12/2019

Caracterización de la situación actual de las tecnologías inteligentes para una Universidad inteligente en Colombia/Latinoamérica

Dewar Rico-Bautista[1], Gina Paola Maestre-Góngora[2], Cesar D. Guerrero[3]

dwricob@ufpso.edu.co, gina.maestre@campusucc.edu.co, cguerrer@unab.edu.co

[1] Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Sede Algodonal Vía Acolsure, 546551, Ocaña, Colombia.

[2] Universidad Cooperativa de Colombia, Calle 50 No. 40 – 74 Bloque A piso 6 , 050016, Medellín, Colombia.

[3] Universidad Autónoma de Bucaramanga, Avenida 42 No. 48 – 11, 680003, Bucaramanga, Colombia.

Pages: 484–501

Resumen: Las organizaciones, incluidas las universidades, necesitan incorporar las tecnologías "Smart" para aprovechar las capacidades que éstas les proporcionan para transformar sus procesos e impulsar nuevos modelos organizativos. A nivel internacional, se han dado a conocer algunos ejemplos de universidades que han desarrollo el concepto emergente de universidad inteligente. A nivel latinoamericano, para el año 2017, no se encontraron referencias bibliográficas consolidadas sobre el tema. Este artículo presenta una caracterización de dos casos basada en el análisis las experiencias expuestas por directores de tecnología en eventos en Latinoamérica y en Colombia. Esta caracterización permite concluir sobre la necesidad de la alineación e integración de la tecnología con los procesos de la organización, reclamando mayor interacción con la alta dirección.

Palabras-clave: Caracterización; Proceso; Tecnología; Universidad inteligente

Smart University: Characterization of the current situation of intelligent technologies, based on two case studies

Abstract: Organizations, including universities, need to incorporate "Smart" technologies to take advantage of the capabilities they provide to transform their processes and drive new organizational models. At the international level, some examples have been given of universities that have developed the emerging concept of intelligent universities. At the Latin American level, by 2017, there were no consolidated bibliographical references on the subject. This article presents a characterization of two cases based on the analysis of the experiences presented by technology directors at events in Latin America and Colombia. This characterization allows us to conclude on the need for the alignment and integration of technology with the organization's processes, demanding greater interaction with senior management.

Keywords: Characterization; Process; Technology; Smart University.

1. Introducción

La evolución de la tecnología hace que su uso sea cada vez más transparente por parte de las personas, ya que éstas quedan inmersas en sus actividades diarias. Sin embargo, las infraestructuras informáticas y de comunicaciones que le dan soporte son cada vez más complejas, y en las universidades, además de las dificultades de su implantación, es necesario generar transformaciones organizacionales y de procesos. Aquí radica la importancia de una visión organizacional compartida, donde se entienda esta complejidad y la necesidad de lograr que las áreas de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) dispongan de arquitecturas tecnológicas robustas, así como de recursos humanos y procesos maduros y sustentables y de un gobierno TIC comprometido para poder asumir desafíos ambiciosos. Los directores de TIC de las universidades de la región crearon para el año 2011, la Red de Directores de Tecnologías de Información y Comunicación de las universidades latinoamericanas, un espacio de disertación, actuación y debate alrededor del rol y la labor que desempeñan. De igual forma, se creó un espacio donde confluye la comunidad alrededor del área de las TIC, la ***Conferencia TICAL***. Su principal insumo son las experiencias, iniciativas y conocimientos que exponen año a año las mismas universidades, aportando soluciones significativas e inéditas en las instituciones de educación superior.

Para el año 2015 publica TICAL "***Las Tecnologías de la Información y la Comunicación. Potenciando la Universidad del Siglo XXI: Claves para una política TIC universitaria***". Se describía la época disruptiva alrededor de las universidades desde una mirada estratégica para que las tecnologías permitieran potenciar las instituciones de educación superior de nuestra región. Una conclusión importante, las instituciones universitarias que tengan la capacidad de gestionar en forma *inteligente* las TIC, no sólo estarán en mejores condiciones de superar desafíos como la era digital, la globalización y la irrupción de las nuevas generaciones de alumnos, sino que tendrán una oportunidad única para destacarse. Sobre la tecnología Internet de las Cosas (IoT) como desafío de la universidad "inteligente", se enunciaba su potencial y su importante apoyo en la posibilidad de generar un campus inteligente (Chinkes, 2015). Dos años después, para el año 2017 publica TICAL "***Potenciando la Universidad del Siglo XXI; Soluciones TIC para pensar la universidad del futuro***". Se analizaron temas diversos, pero a la vez fuertemente interrelacionados, como el *big data* y las soluciones de analítica, Internet *de las Cosas* y los *campus inteligentes*. A nivel internacional, se dan a conocer algunos ejemplos de universidades que han desarrollo el concepto de campus inteligentes e internet de las cosas tales como: *universidad de china, universidad de Glasgow, prince sultan University, universidad de akin y la universidad de winsconsin* (Chinkes, 2017).

Ahora a nivel latinoamericano, para el año 2017, no se encontraron referencias bibliográficas sobre el tema, hay universidades con proyectos de campus, pero no se involucra de manera directa el enfoque tecnológico necesario sobre IoT. Finalmente, a nivel nacional, se encontró el Centro de Excelencia y Apropiación en Internet de las Cosas, que reunió a cinco universidades nacionales. Luego de conocer ejemplos como los presentados, se puede deducir que sin duda alguna el mejor campo de aplicación de los usos de Internet de las Cosas se encuentra al interior de las universidades. El propósito de este documento es presentar una caracterización de tecnologías inteligentes,

herramientas aplicadas y la identificación de las tendencias en los procesos impactados, generados a partir de dos estudios de casos. El primero de las experiencias seleccionadas en los eventos de TICAL desde el año 2016 hasta el año 2019, a nivel latinoamericano. El segundo caso, se presenta el mismo ejercicio en las universidades de Colombia, a partir de una revisión de la documentación de las experiencias encontradas y expuestas por cada una de ellas en la "Cumbre de transformación digital en educación superior, Colombia" organizada por Microsoft en el año 2018. El documento se encuentra dividido en (ii) Contextualización del concepto emergente de Universidad inteligente "smart university", (iii) Metodología de la revisión, (iv) Resultados y discusión y (v) conclusiones.

2. Universidad inteligente y tecnologías "Smart"

El término "Smart university" ha sido abordado por diferentes autores desde las especificaciones de ciudad inteligente (Guerrero, Parra-Valencia, & Rico-Bautista, 2017). Las universidades pueden considerarse universidades inteligentes, ya que utilizan de manera rentable las tecnologías disponibles para mejorar su desempeño y mejorar la calidad de sus graduados (Aldowah, Ul Rehman, Ghazal, & Naufal Umar, 2017), (Bueno-Delgado, Pavón-Marino, De-Gea-García, & Dolón-García, 2012). A pesar de esto, todavía hay espacio para mejorar y las universidades deberían convertirse en universidades más inteligentes (Shvetsova, 2017). En una universidad más inteligente, las mejores soluciones tecnológicas fomentan la colaboración y la cooperación entre las personas (Coccoli, Guercio, Maresca, & Stanganelli, 2014). Las universidades inteligentes y la educación inteligente están surgiendo y están creciendo rápidamente en áreas que representan una integración de 1) sistemas inteligentes, objetos inteligentes y entornos inteligentes, 2) tecnologías inteligentes, varias ramas de la informática y la ingeniería informática, 3) sistemas, agentes y herramientas de software y/o hardware educativos inteligentes de última generación, y 4) pedagogía innovadora y estrategias de enseñanza y metodologías de aprendizaje basadas en tecnologías avanzadas (Savov, Terzieva, Todorova, & Kademova-Katzarova, 2017), (Rueda-Rueda, Manrique, & Cabrera Cruz, 2017).

Muchos investigadores están tratando de definir un modelo conceptual para la universidad inteligente e identificar sus principales características, componentes, tecnologías y sistemas, reduciendo el papel de los métodos tradicionales de enseñanza/aprendizaje en las universidades. Se considera que una prioridad en la realización de proyectos de universidad inteligente es el sistema virtual de aulas, modernas en términos de hardware y software, centradas en el estudiante. Existe una gran variedad de arquitecturas con dispositivos inteligentes, tecnologías y aplicaciones utilizadas en el entorno educativo que crean aún más dificultades en la estandarización. Hasta el momento no existe un modelo estándar con conceptos y principios bien definidos (Banica, Burtescu, & Enescu, 2017). Dada la definición y la delimitación del concepto de *universidad inteligente*, el siguiente paso es la caracterización de la tecnología "inteligente" en las universidades, para luego definir un marco que pueda evaluar el grado de desarrollo *smart* de dicha tecnología y servicios (Del & Une, 2017; Muñoz López, Proyecto, Antón Martínez, & Fernández Ciez, 2015; Ontiveros, Vizcaíno, & López Sabaer, 2016; Staskeviciute & Neverauskas, 2008).

La necesidad de aprender a gestionar tecnologías para fortalecer su contribución a la sociedad es una consecuencia de la irrupción de la tecnología y la globalización lo que ha generado un cambio en el papel de las universidades. (*AI (artificial intelligence)*; *cloud computing; IoT (Internet of Things) y Big data),* siguen emergiendo y logrando grandes avances (Shaoyong, Yirong, & Zhefu, 2016). En los resultados generados a nivel internacional (Rjab & Mellouli, 2018), una revisión de la literatura de 1990 a 2017, el 97% de la bibliografía se centra en la *IoT* y la *AI* (más concretamente, el 55% de la bibliografía se centra en *AI* y el 42% de los estudios se centran en *IoT*). Sin embargo, el 3% de los estudios se centraron en *cloud computing*. Esta observación, nos permite identificar que las principales tecnologías utilizadas en las ciudades inteligentes son esencialmente *IoT* y *AI*, donde la integración de la inteligencia artificial en la red de *IoT* permite crear una infraestructura sostenible e inteligente. La *AI* se caracteriza por ser una imitación de la inteligencia y de las capacidades humanas, para construir máquinas inteligentes, al igual que es una simulación entre la inteligencia humana y las habilidades de la máquina, con el fin de resolver problemas complejos (Rjab & Mellouli, 2018). *Big data* puede describirse como la plataforma que toma una variedad de datos (estructurados, semiestructurados y no estructurados) recogidos de diferentes fuentes que, si se analizan en el momento adecuado, pueden proporcionar una toma de decisiones óptima para las organizaciones, la salud, la educación y los países (Chaoui & Makdoun, 2018).

Cloud computing es una tecnología predominantemente emergente. Así, organizaciones han comenzado a migrar sus servicios hacia la entorno de *cloud computing* con la esperanza de reducir costes (Al-ruithe, 2017). Una predicción muestra que el 60-70% de la inversión en TI será en el servicio de *cloud computing* para 2020 (Chaveesuk, 2018). Esto demuestra que muchas organizaciones, tanto empresariales como académicas, dependerán de la nube pública (Karkošková, 2018). Desde esta perspectiva, podría implicar que la *cloud computing* será una herramienta impulsora que mejorará todos los sectores industriales, incluyendo una parte educativa. Se puede considerar *cloud computing* como una solución para el análisis de *Big data*, ya que puede proporcionar todo lo que la variedad de datos necesita, como un sistema de procesamiento paralelo distribuido, gran capacidad de almacenamiento, entre otras (Chaoui & Makdoun, 2018), (Nikolopoulos, 2017). La ausencia de sistemas o metodología para ayudar a la organización a implementar su *cloud computing* hace que sea problemático para muchas organizaciones implementarlo con éxito, eficacia y eficiencia (Rad & Rana, 2017), (Steele & Guzman, 2016). Por otro lado, la tecnología *IoT (Internet of Things)* se basa en una gran red de máquinas, objetos o personas llamadas "cosas" interactuando juntos para lograr un objetivo común. Dicha tecnología genera continuamente grandes cantidades de datos, generando retos como su comprensión, su procesamiento, su seguridad y su almacenamiento que restringe su desarrollo (Shaaban, Schmittner, Gruber, Quirchmayr, & Schikuta, 2018) , (Basingab, Rabelo, Rose, & Gutiérrez, 2017).

3. Metodología de la revisión

Las instituciones de educación superior son cada vez más receptivas a la integración de las nuevas tecnologías en sus procesos. Se introducen nuevas concepciones en la enseñanza y el aprendizaje, así como nuevos recursos educativos que demandan un cambio de mentalidad en la comunidad. Un análisis que incluya infraestructuras,

arquitecturas y tecnologías "*Smart*", herramientas y procesos en las universidades de latinoamerica y un caso especial en Colombia, ver figura 1.

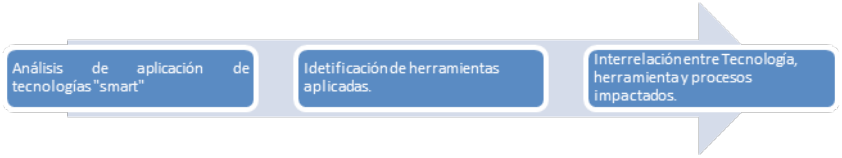


Figura 1 – Proceso de revisión de experiencias

Entendiendo en el contexto actual "*Smart Technologies*" a la combinación de Tecnologías de la Información y la Comunicación que incluyen hardware, software y sistemas de comunicaciones capaces de adquirir datos, analizar, predecir tendencias de comportamiento y adaptarse automáticamente (Maestre-Gongora & Colmenares-Quintero, 2018). Estas tecnologías desempeñan una función sustantiva en la generación, el intercambio, la difusión, la gestión y el acceso al conocimiento y son cada vez más importantes y pertinentes en todos los ámbitos de la vida social, pero sobre todo en la educación (Vega-Hernández, Patino-Alonso, & Galindo-Villardón, 2018). De las experiencias aprobadas en las conferencias TICAL 2016 al 2019 se inicia el análisis de las actas y memorias publicadas. En Colombia, se basó en la "Cumbre de transformación digital en educación superior, Colombia" organizada por Microsoft en el año 2018. Se filtraron los documentos que muestren aplicación y uso de las tecnologías "Smart" (*AI (artificial intelligence)*; *cloud computing; IoT (Internet of Things) y Big data)*, sus herramientas y los procesos impactados, ver figura 2.

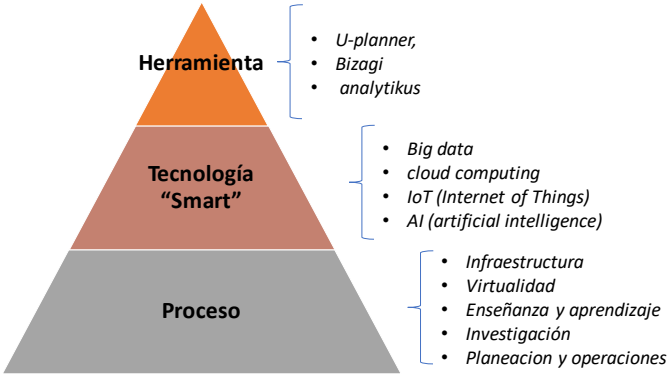


Figura 2 – Smart Technologies. Estructura proceso- tecnología - herramienta.

El objetivo de la primera fase es realizar la búsqueda de los documentos de las experiencias seleccionadas en las conferencias **TICAL2016, TICAL2017, TICAL2018, TICAL2019 y el evento en Colombia organizado por Microsoft.** En total fueron revisadas 149 experiencias de diferentes tales como Venezuela, Argentina, Uruguay, Brasil, Reino Unido, Chile, México, Colombia, Guatemala, Ecuador, España, El Salvador, Costa Rica,

Japón y Países Bajos. De las cuales fueron analizadas y seleccionadas 46, que usaran, incluyeran y adoptaran tecnologías "Smart" (RedCLARA, 2016), (RedCLARA, 2017), (RedCLARA, 2018), (RedCLARA, 2019). El objetivo de la segunda fase es identificar de las experiencias seleccionadas cuales son las herramientas que usan las universidades y organizaciones participantes relacionadas con la aplicación de tecnologías "Smart". Por último, el objetivo de la tercera fase es identificar los procesos impactados e interrelacionados con las tecnologías y herramientas identificadas en las dos primeras fases, a partir de un análisis de las similitudes, diferencias y contraposiciones. La organización de la información se consolida en la tabla 1. Incluye el evento de Colombia de las experiencias de las doce instituciones de educación superior participantes y la Universidad Católica de Chile.

		Tecnología				**Herramienta**						**Proceso**			
	Institución educación superior	Cloud computing	Internet de las cosas	Big data	AI	cloud Office 365	SAGE	SIU-Wichi	Quantum	OESS	Desarrollo propio	Infraestructura	Enseñanza y aprendizaje	Investigación	Planeación y operaciones
2016	Universidad Técnica del Norte. Ecuador	X		X		X							X		X
	Red Universitaria Nacional, José Domingo Cañas. Chile	X									X		X		
	Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Colombia	X		X			X				X			X	
	Universidad de la República Colonia. Uruguay	X										X			
	Universidad de Guadalajara. México	X								X		X			
	Universidad Nacional de Quilmes. Argentina			X								X			
	Universidad de Federal de Pelotas. Brasil				X				X						
	Sistema de Información Universitaria SIU, Consejo Interuniversitario Nacional CIN. Argentina			X				X							X

		Tecnología				Herramienta					Proceso			
	Institución educación superior	Cloud computing	Internet de las cosas	Big data	AI	Xamarin provista por Microsoft	Cloud SaS	SURF	Sistema Ceph	Desarrollo propio	Infraestructura	Enseñanza y aprendizaje	Investigación	Planeación y operaciones
2017	Instituto Tecnológico de Buenos Aires. Argentina	X				X					X			
	Universidad Nacional de Cuyo. Argentina	X		X					X		X			
	Universidad Técnica del Norte. Ecuador	X									X			
	Universidad de Costa Rica. Costa Rica	X								X	X			
	Universidad Técnica Particular de Loja. Ecuador.	X					X							X
	Universidad de Cuenca. Ecuador			X										X
	Universidad Nacional de Costa Rica. Costa Rica			X						X	X			
	Universitaria Rodrigo Facio y otras instituciones. Costa Rica, Colombia, Ecuador, España, México, Brasil, Argentina.	X										X	X	
	Netherlands	X						X				X	X	

		Tecnología				Herramienta				Proceso			
	Institución educación superior	Cloud computing	Internet de las cosas	Big data	AI	OpenCloud	UFG Cloud	AWS (Amazon Web Services)	Desarrollo propio	Infraestructura	Enseñanza y aprendizaje	Investigación	planeacion y operaciones
2018	Instituto Tecnológico de Buenos Aires. Argentina.	X		X		X			X	X			
	Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Colombia.	X						X		X	X		
	Universidad Francisco Gavidia. El Salvador	X					X			X	X		
	Universidad Técnica Particular de Loja. Ecuador	X	X	X	X								X
	Instituto Politécnico Nacional. México		X							X			
	Universidad Nacional de San Luis. Argentina		X						X				X
	Universidad de Chile. Chile.			X					X			X	
	Universidad de Cuenca. Ecuador				X					X			

		Tecnología				Herramienta			Proceso	
	Institución educación superior	Cloud computing	Internet de las cosas	Big data AI		UnaCloud	Dashboard Cisco-Meraki	Desarrollo propio	Infraestructura	Enseñanza y aprendizaje
2019	Universidad de los Andes. Colombia	X				X				X
	Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta. Colombia	X							X	
	Universidad del Rosario. Colombia	X								X
	Universidad de San Buenaventura Cali. Colombia	X						X	X	
	Universidad de Caldas. Colombia			X				X	X	X
	Universidad de Guadalajara. México		X	X			X		X	
	Universidad de Valparaíso. Chile		X	X				X	X	

		Tecnología				Herramienta			Proceso				
	Institución educación superior	**Cloud computing**	**Internet de las cosas**	**Big data**	**IA**	**U-planner**	**bizagi**	**analytikus**	**Infraestructura**	**Virtualidad**	**Enseñanza y aprendizaje**	**Investigación**	**planeacion y operaciones**
2018 COLOMBIA	Unidades tecnológicas de Santander	X							X	X			
	Universidad Pontificia Bolivariana									X	X		
	Universidad cooperativa de Colombia								X	X	X		
	Universidad del Rosario	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	
	Universidad de la sabana									X	X		
	Universidad del norte										X		
	Universidad de los andes	X		X	X	X	X	X	X		X	X	
	Universidad autónoma de Bucaramanga	X	X	X	X	X			X			X	
	Pontifica universidad javeriana	X					X		X		X		X
	Universidad ICESI								X		X		
	Universidad EAFIT										X		
	Universidad EAN										X		
	Universidad Católica de Chile			X	X	X		X		X	X		

Tabla 1 – Caracterización de las tecnologías “Smart”, sus herramientas y procesos impactados

4. Resultados y discusión

El primer caso de estudio es a nivel internacional para las conferencias TICAL, han participado diferentes países. Se destacan con mayor cantidad de trabajos relacionados con las tecnologías "Smart": Colombia con 7, Ecuador y Argentina con 6. De igual forma Colombia se destaca en la versión 2019 con 6 trabajos, ver Figura 3.

En la tendencia en el uso y la aplicación de las tecnologías "Smart", sobresale el uso de *cloud computing*, en todas las ediciones de la conferencia. De igual manera la tendencia hacia la conferencia del año 2019 es el uso de *IoT (Internet of Things)* e *AI (artificial intelligence),* ver figura 4.

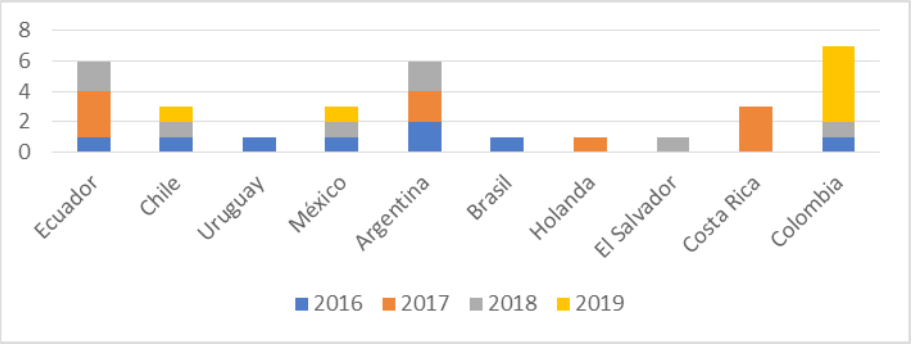


Figura 3 – Países participantes con experiencias en tecnologías "Smart"

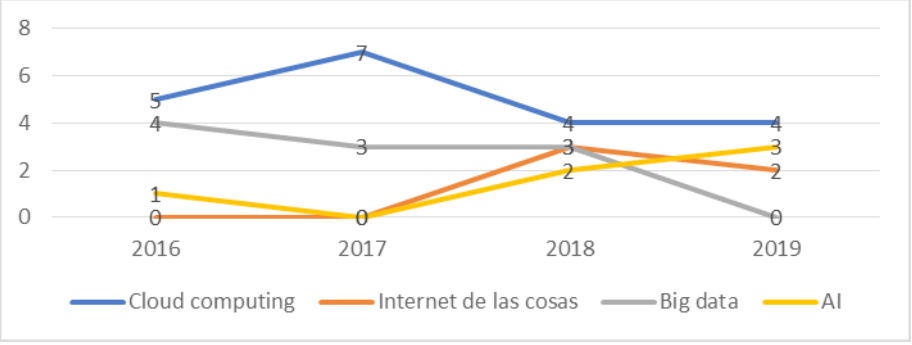


Figura 4 – Tendencia del uso y aplicación de las tecnologías "Smart"

El uso de diferentes herramientas alrededor de las experiencias expuestas es una tendencia. Se destaca el desarrollo de herramientas propias alrededor de las tecnologías "Smart". Finalmente, la en la figura 5, se muestran los procesos identificados. Se destacan dos procesos, el de infraestructura y el de enseñanza y aprendizaje.

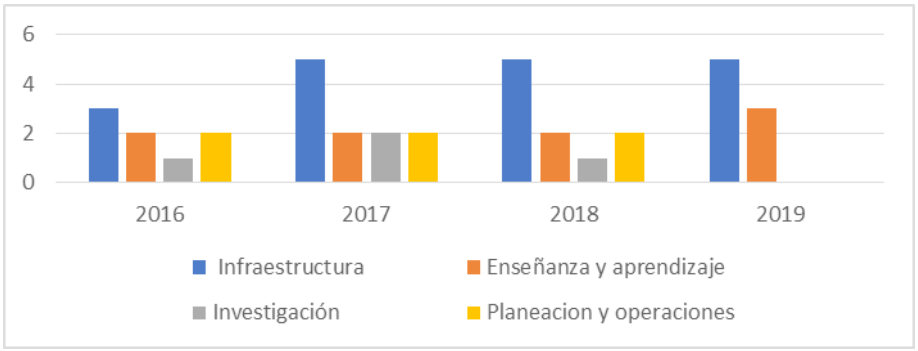


Figura 5 – Procesos identificados en las experiencias

El segundo caso es a nivel nacional, se destaca el uso de las tres herramientas más representativas en el mercado, las cuales son: *U-planner, bizagi y analytikus*, sobresale la Universidad de los Andes con la aplicación de todas en sus procesos. Se muestra que, de las doce instituciones de educación superior participantes, tres usan *U-planner*, dos usan *bizagi*, *y* dos usan *analytikus*. De manera particular la Universidad Católica de Chile, usa *U-planner y analytikus,* y la Universidad cooperativa de Colombia usando la herramienta *power BI*. La primera, es una solución de software enfocados a la industria de la educación. Orientada a mejorar el uso de la infraestructura de universidades y centros de enseñanza a partir de la optimización del proceso de planificación académica. Se destacan soluciones a problemas detectados en las instituciones tales como: Estimación de Inscripciones; Planificación Académica; Asistencia a Clases y Visualización y Métricas de Gestión Académica (u-planner, 2019). La segunda, permite modelar y documentar procesos de negocio. Un modelo puede ser toda su organización, su área o un proceso específico según sean sus necesidades (Bizagi, 2019).Y finalmente, la tercera ofrece soluciones en analíticas. Su enfoque es la integración de tecnología, procesos y metodología. Apoyan organizaciones a tomar las mejores decisiones, descubrir nuevos conocimientos y hacer que los datos puedan ser procesados. El uso de datos ha evolucionado desde informes optimizados, sistemas de información ejecutivos y BI en un ecosistema mucho más complejo de análisis avanzado y Big Data (Analytikus, 2019).

Los datos se han convertido en uno de los activos más importantes y valiosos de una organización. La tecnología en la educación superior ha jugado un papel importante en conectar a los tres estamentos: los estudiantes, docentes y administrativos (Mohamed Soliman, 2017). El gran impacto en el campo de la educación no sólo ha cambiado las prácticas tradicionales de enseñanza, sino que también ha producido cambios en la infraestructura de las Instituciones educativas, generando conceptos como campus inteligentes (Pandey & Verma, n.d.), (Sánchez-Torres, Rodríguez-Rodríguez, Rico-Bautista, & Guerrero, 2018) o universidades inteligentes (Rico-Bautista, Medina-Cárdenas, & Guerrero, 2019a), (Maciá, 2017). Para analizar, proponer y desarrollar infraestructura en una organización, por ejemplo, en las universidades, se debe conocer

las arquitecturas y sus tecnologías. Con este fin, se ofrece un panorama general con respecto *smart technology* en campus y universidades inteligentes.

En el contexto de Colombia, el comportamiento de la aplicación de cada *Smart Technology* en Colombia se puede inferir de la tabla 1. Cinco de las doce instituciones de educación superior usan *Cloud computing* con un 42 %, marcando la predicción y tendencia expresada en (Chaveesuk, 2018); dos de las doce usan *Internet of Things*; tres de las doce usan *Big data* y tres de las doce usan *artificial intelligence*. Se destacan los casos de la Universidad del Rosario y de la Universidad Autónoma de Bucaramanga que aplican las cuatro tecnologías en sus procesos. De manera particular la Universidad Católica de Chile, usa *Big data*.y *artificial intelligence*. La función principal de la unidad organizacional de TI, es brindar apoyo y soporte tecnológico a todos los procesos de la institución (Medina & Rico-Bautista, 2008). Teniendo como base el entorno que rodea la Institución, sus macropolíticas y la naturaleza misma; así como el mejoramiento continuo de los procesos, enmarcado en su política de calidad y servicios en tecnología como parte de su misión, es vital para la dependencia encontrar la mejor manera de aplicar su experiencia, experticia, conocimiento, talento humano y recursos para ofrecer a la universidad sus servicios con calidad, ejerciendo control sobre las necesidades, requerimientos y desafíos en su negocio, sus clientes y los usuarios finales (Medina-Cárdenas & Rico- Bautista, 2009).

La incorporación de las *Smart Technologies* produce la llamada innovación educativa, es decir, integra nuevos desarrollos que producen cambios para mejorar el proceso-aprendizaje. En la actualidad, se incorpora el término de universidad inteligente "*smart university*". Las universidades pueden considerarse universidades inteligentes, ya que utilizan de manera rentable las tecnologías disponibles para mejorar su desempeño y mejorar la calidad de sus graduados (Aldowah et al., 2017), (Bueno-Delgado et al., 2012). A pesar de esto, todavía hay espacio para mejorar y las universidades deberían convertirse en universidades más inteligentes (Shvetsova, 2017). En una universidad más inteligente, las mejores soluciones tecnológicas fomentan la colaboración y la cooperación entre las personas (Coccoli et al., 2014). La dependencia de TI en las universidades en este escenario de SU, ayudará y soportará a que las áreas representen una integración de 1) sistemas inteligentes e inteligentes, objetos inteligentes y entornos inteligentes, 2) tecnologías inteligentes, varias ramas de la informática y la ingeniería informática, 3) sistemas, agentes y herramientas de software y/o hardware educativos inteligentes de última generación, y 4) pedagogía innovadora y estrategias de enseñanza y metodologías de aprendizaje basadas en tecnologías avanzadas (Savov et al., 2017), (Rueda-Rueda et al., 2017). Cerdeira y Mendes (Cerdeira Ferreira & Mendes de Araujo, 2018), genera el concepto SU dividido en cuatro ejes temáticos: Infraestructura; Gobernanza y Gestión; Servicios y Educación. Donde no se caracteriza sólo por el uso de las tecnologías escritas en el eje infraestructura, como sugieren diversos trabajos, es notable que dicho eje sirve como sustentación para las otras dimensiones, principalmente en la provisión de datos y conectividad, la gobernanza y la gestión de esas instituciones. Los datos generados por esos servicios sirven de insumo para otras iniciativas, principalmente las que se dirigen a la gestión del campus, en actividades dirigidas a la toma de decisión (Rico-Bautista et al., 2019a).

De las tabla 1, se destaca que para siete de las doce menciona que la tecnología ha sido aplicada al proceso de Infraestructura; cinco de las doce aplicaron tecnología para

fortalecer la virtualidad; diez de las doce manifestó ser en el proceso de Enseñanza y aprendizaje donde más han aplicado tecnología para su mejoramiento; tres de las doce han inyectado tecnología al proceso misional de investigación y por último sólo una han utilizado la tecnología en el proceso de planeación y operaciones. Se destaca la Universidad del Rosario, aplicando la tecnología en cuatro de los cinco procesos identificados en las experiencias. De manera particular la Universidad Católica de Chile, usa en dos de los cinco procesos. En el proceso de infraestructura se destaca en la información temas y conceptos aplicados como seguridad, ciberseguridad, datacenter, resguardo de información segura a los estamentos, entre otros. En el proceso de virtualidad se destacan temas y conceptos aplicados como AVA, plataforma cursos virtuales, recursos educativos digitales, entre otros. Para el proceso de enseñanza- aprendizaje se destacan temas y conceptos aplicados como actualización de salas, metodologías de aprendizaje, analítica de datos educativos, currículo, gestión curricular, docencia, entre otros (Shaaban et al., 2018), (Rjab & Mellouli, 2018). Al final se encuentran los procesos de investigación y planeación y operaciones.

Más allá de los temas básicos de infraestructura, sistemas y seguridad, se encuentran soluciones para la enseñanza y la investigación, razón de ser de nuestras instituciones. Gobernanza y Gestión son otras dos temáticas presentes, cuyos trabajos muestran experiencias exitosas que pueden y deben ser estudiadas y aprovechadas por todos.

5. Conclusiones

Desde el proceso de alta dirección se debe definir un modelo de universidad donde se incluya una estructura de TI donde aporte valor y se genere una respuesta a las necesidades de dicho modelo. Esto va de la mano con la tendencia identificada en a través de la revisión, la cual pone de manifiesto la necesidad de la alineación e integración de la tecnología con los procesos de la organización, reclamando mayor interacción con la alta dirección.

Se deben analizar los estamentos y la relación con los procesos donde estén implicados, es decir, cómo las tecnologías de TI usadas y cada factor dentro de la universidad pueden enriquecer a la comunidad universitaria. La unidad organizacional de TI de las Universidades, son los encargados de adaptar todas estas tecnologías “Smart” al ámbito universitario en cada una de sus facetas docentes, investigadoras, de gestión o de gobierno. La complejidad es grande, se habla de entornos muy diversos con necesidades muy diferentes.

Las organizaciones, incluyendo las universidades, necesitan incorporar las tecnologías “Smart” generadas por la denominada cuarta revolución industrial, para aprovechar las capacidades que éstas les proporcionan para transformar sus procesos e impulsar nuevos modelos organizativos que les permitan incorporarse de manera adecuada a este nuevo concepto de Universidad inteligente. La rápida disrupción de la tecnologías “Smart”, hace que la manera tradicional de abordar una buena parte del trabajo se vuelva obsoleta. Obliga a las organización, incluyendo las universidades, a rediseñar sus procesos para acometerlos de una forma nueva y radicalmente diferente. Esta actualización incluye también los procedimientos, las estructuras de las organizaciones, la mentalidad y la cultura para explotar estas tecnologías “Smart” aún no están en el lugar que les corresponde.

El análisis realizado en la literatura a nivel internacional y en las experiencias, deja en evidencia la existencia de estrategias por parte de las universidades al fomento y desarrollo de los procesos incorporando tecnologías inteligentes. En la actualidad, las universidades se enfrentan a varios retos para hacer frente al desarrollo de mejoramiento en sus procesos misionales, de soporte y de apoyo, incorporando la tecnología como soporte. Las tecnologías clave a nivel internacional, según la revisión, para una *Smart University,* son: Inteligencia artificial e Internet de las cosas. Estas tecnologías son para mejorar la infraestructura, optimizar los recursos, asegurar el acceso de la comunidad a la información. seguridad, entre otros.

Para el caso Colombiano es importante reconocer la dinámica existente en el tema y el interés que va en aumento, la tendencia según las experiencias es incluir tecnología "Smart", en este momento la más aplicada es *Cloud Computing*. Sin embargo, aún es evidente la falta de estudios y consolidación de la información del estado actual de la adopción de la tecnología en las universidades, así como un análisis de su aporte al mejoramiento de sus proceso.

Un nuevo **modelo de universidad** es la meta de este proceso de transformación. Definirlo no es tarea sencilla ya que ni siquiera visualizamos con claridad qué es lo que pretendemos. Este paso del modelo analógico al digital debe ser definido por los Equipos de Dirección a través de la visión, identificando aquellas partes del servicio universitario que van a verse inmersas en cambios por la digitalización y determinando aquellas áreas en las que la universidad genera un valor diferencial en su prestación de servicios (Españolas, 2017).

Referencias

Al-ruithe, M. (2017). Cloud Data Governance Maturity Model.

Aldowah, H., Ul Rehman, S., Ghazal, S., & Naufal Umar, I. (2017). Internet of Things in Higher Education: A Study on Future Learning. *Journal of Physics: Conference Series*, *892*, 012017. https://doi.org/10.1088/1742-6596/892/1/012017

Analytikus. (2019). Analytikus. Retrieved from https://www.analytikus.com/indice

Banica, L., Burtescu, E., & Enescu, F. (2017). The impact of internet-of-things in higher education. *Scientific Bulletin-Economic Sciences*, *16*(1), 53–59.

Basingab, M., Rabelo, L., Rose, C., & Gutiérrez, E. (2017). Business Modeling Based on Internet of Things : A Case Study of Predictive Maintenance Software Using ABS Model. https://doi.org/10.1145/3018896.3018905

Bizagi. (2019). Bizagi. Retrieved from https://www.bizagi.com/es

Bueno-Delgado, M. V, Pavón-Marino, P., De-Gea-García, A., & Dolón-García, A. (2012). The Smart University Experience: An NFC-Based Ubiquitous Environment. In *2012 Sixth International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing* (pp. 799–804). https://doi.org/10.1109/IMIS.2012.110

Cerdeira Ferreira, F. H., & Mendes de Araujo, R. (2018). Campus Inteligentes: Conceitos, aplicações, tecnologias e desafios. *Relatórios Técnicos Do DIA/UNIRIO*, *11*(1), 4–19.

Chaoui, H., & Makdoun, I. (2018). A new secure model for the use of cloud computing in big data analytics, 1–11. https://doi.org/10.1145/3018896.3018913

Chaveesuk, S. (2018). Cloud Computing Classroom Acceptance Model in Thailand Higher Education ' s Institutes : A Conceptual Framework, 141–145. https://doi.org/10.1145/3285957.3285989

Chinkes, E. (2015). *Las Tecnologías de la Información y la Comunicación Potenciando la Universidad del Siglo XXI: Claves para una política TIC universitaria* (Vol. 1). https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Chinkes, E. (2017). *Potenciando la Universidad del Siglo XXI: Soluciones TIC para pensar la universidad del futuro*.

Coccoli, M., Guercio, A., Maresca, P., & Stanganelli, L. (2014). Smarter universities: A vision for the fast changing digital era. *Journal of Visual Languages and Computing*, *25*(6), 1003–1011. https://doi.org/10.1016/j.jvlc.2014.09.007

Del, E., & Une, D. (2017). Norma Española Accesibilidad Universal en las Ciudades Inteligentes.

Españolas, C. U. (2017). *TIC 360º - Transformación Digital en la Universidad*.

Guerrero, C. D., Parra-Valencia, J. A., & Rico-Bautista, D. (2017). IoT: Una aproximación desde ciudad inteligente a universidad inteligente. *Revista Ingenio UFPSO*, *13*(1), 9–20.

Iberoamericano, O. (2016). Manual Iberoamericano de Indicadores de Educación Superior: Manual de Lima, 88 p.

Karkošková, S. (2018). Towards Cloud Computing Management Model Based on ITIL Processes. https://doi.org/10.1145/3278252.3278265

Maciá, F. (2017). *Smart University. Hacia una universidad más abierta*. (Alfaomega & Marcombo, Eds.) (Primera).

Maestre-Gongora, G., & Colmenares-Quintero, R. F. (2018). Systematic mapping study to identify trends in the application of smart technologies. *Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI*, *2018-June*, 1–6. https://doi.org/10.23919/CISTI.2018.8398638

Medina-Cárdenas, Y., & Rico- Bautista, D. (2009). Modelo de gestión basado en el ciclo de vida del servicio de la Biblioteca de Infraestructura de Tecnologías de Información (ITIL). *Revista Virtual Universidad Católica Del Norte*, (27), 1–21.

Medina, Y., & Rico-Bautista, D. (2008). Modelo de gestión de servicios para la universidad de Pamplona: ITIL. *Scientia Et Technica*, *XIV*(39), 314–319.

Ministerio de Modernización Innovación y Tecnología. (2017). La Importancia de un Modelo de Planificación Estratégica para el Desarrollo de Ciudades Inteligentes, 32.

Mohamed Soliman, E. (2017). Experimental Evaluation of Internet of Things in the Educational Environment. *International Journal of Engineering Pedagogy (IJEP)*, *7*(3), 50–60. https://doi.org/https://doi.org/10.3991/ijep.v7i3.7187

Muñoz López, L., Proyecto, D., Antón Martínez, P., & Fernández Ciez, S. (2015). El Estudio y Guía Metodológica sobre Ciudades Inteligentes ha sido dirigido y coordinado por el equipo del ONTSI. *Deloitte*. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Nikolopoulos, F. (2017). Using UTAUT2 for Cloud Computing Technology Acceptance Modeling, (1995).

Ontiveros, E., Vizcaíno, D., & López Sabaer, V. (2016). *Las ciudades del futuro : inteligentes , digitales y sostenibles futuro : inteligentes , digitales y sostenibles*.

Pandey, R., & Verma, M. (n.d.). Current Emerging Trends in IOT : A Survey and Future Prospects, *8*(Iii), 339–344.

Rad, B. B., & Rana, M. E. (2017). Cloud Computing Adoption : A Short Review of Issues and Challenges Cloud Computing Adoption : A Short Review of Issues and Challenges, (June). https://doi.org/10.1145/3108421.3108426

RedCLARA. (2016). *ACTAS TICAL 2016*.

RedCLARA. (2017). *ACTAS TICAL 2017*.

RedCLARA. (2018). *ACTAS TICAL 2018*.

RedCLARA. (2019). *ACTAS TICAL 2019*.

Rico-Bautista, D., Medina-Cárdenas, Y., & Guerrero, C. D. (2019a). Smart University: A Review from the Educational and Technological View of Internet of Things. In P. M., F. C., & R. A. (Eds.), *International Conference on Information Technology and Systems, ICITS 2019* (Vol. 918, pp. 427–440). Systems and Informatics Department, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Algodonal Campus Vía Acolsure, Ocaña, 546551, Colombia: Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11890-7_42

Rjab, A. Ben, & Mellouli, S. (2018). Smart cities in the era of artificial intelligence and internet of things, (1), 1–10. https://doi.org/10.1145/3209281.3209380

Rueda-Rueda, J., Manrique, J., & Cabrera Cruz, J. (2017). *Internet de las Cosas en las Instituciones de Educación Superior*.

Sánchez-Torres, B., Rodríguez-Rodríguez, J. A., Rico-Bautista, D. W., & Guerrero, C. D. (2018). Smart Campus: Trends in cybersecurity and future development. *Revista Facultad de Ingeniería*, *27*(47). https://doi.org/10.19053/01211129.v27.n47.2018.7808

Savov, T., Terzieva, V., Todorova, K., & Kademova-Katzarova, P. (2017). Contemporary technology support for education. *CBU International Conference Proceedings*, *5*, 802.

Shaaban, A. M., Schmittner, C., Gruber, T., Quirchmayr, G., & Schikuta, E. (2018). CloudWoT - A Reference Model for Knowledge-based IoT Solutions. https://doi.org/10.1145/3282373.3282400

Shaoyong, C., Yirong, T., & Zhefu, L. (2016). UNITA : A Reference Model of

University IT Architecture. *ICCIS '16: Proceedings of the 2016 International Conference on Communication and Information Systems*, 73–77. https://doi.org/10.1145/3023924.3023949

Shvetsova, O. A. (2017). Smart education in high school: New perspectives in global world. In *2017 International Conference "Quality Management,Transport and Information Security, Information Technologies" (IT&QM&IS)* (pp. 688–691). https://doi.org/10.1109/ITMQIS.2017.8085917

Staskeviciute, I., & Neverauskas, B. (2008). The Intelligent University's Conceptual Model. *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, (4), 53–58.

Steele, E. H., & Guzman, I. R. (2016). Investigating the Role of Top Management and Institutional Pressures in Cloud Computing Adoption, 25–26.

u-planner. (2019). U-planner. Retrieved from https://www.u-planner.com/

Vega-Hernández, M. C., Patino-Alonso, M. C., & Galindo-Villardón, M. P. (2018). Multivariate characterization of university students using the ICT for learning. *Computers and Education*, *121*, 124–130. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.03.004

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 02/10/2019
Aceitação/Acceptance: 14/12/2019

Hero Test: herramienta interactiva de tamizaje enfocada en la detección temprana de deficiencias auditivas en niños entre los 4 a 7 años de edad

Astrid Adriana Anacona[1], Katerine Márceles Villalba[2], Gabriel Elías Chanchí[3]

adriana.anaconaj@unimayor.edu.co[1], kmarceles@unimayor.edu.co[2], gchanchig@unicartagena.edu.co[3]

[1, 2]Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca, Carrera 7 N° 2-34 Edificio Bicentenario, 190003, Popayán- Cauca, Colombia.

[3]Universidad de Cartagena, Avenida del Consulado, Calle 30 Nº 39B-192, 130001, Cartagena - Bolívar, Colombia.

Pages: 502–514

Resumen: Hero Test es una aplicación móvil que realiza pruebas de tamizaje auditivo a niños entre los 4 a 7 años de edad, para la detección temprana de deficiencias auditiva. El propósito de la herramienta es valorar a niños con el fin de evaluar su nivel de audición a través de la escucha de sonidos de animales y/o instrumentos musicales mientras interactúa con la aplicación con cada sonido donde relaciona a un nivel en decibeles entre 5dbls y 25dbls, cada sonido corresponde un puntaje en específico, el cual será ponderado al final para determinar su nivel auditivo. Existen tres categorías: audición normal, audición leve o perdida audición. La aplicación fue validada bajo un instrumento de tamizaje creado por el instituto INSOR, y se aplicó a niños para determinar la asertividad de la aplicación creada frente a una herramienta utilizada por el instituto nacional para sordos.

Palabras-clave: Aplicación, audición, deficiencias auditivas, tamizaje auditivo.

Hero Test: interactive screening tool focused on the early detection of hearing impairments in children between 4 and 7 years old

Abstract: Hero Test is a mobile application that conducts hearing screening tests for children between 4 and 7 years of age, for the early detection of any hearing impairment. The purpose of this tool is to value boys and girls in order to evaluate their level of hearing through the listening of animal sounds and / or musical instruments while interacting with the application with each sound where it relates to a decibel level between 5dbls and 25dbls, each sound corresponds to a specific score, which will be weighted at the end to determine your hearing level. There are three categories: normal hearing, mild hearing or hearing loss. The application was validated under a screening instrument created by the INSOR institute, and was applied to children to determine the assertiveness of the application created against a tool used by the national institute for the deaf.

***Keywords**:* Application, auditory screening, hearing, hearing impairments.

1. Introducción

La habilidad de escuchar es parte fundamental para el proceso de comunicación humana, en la cual una vía auditiva conservada es el elemento fundamental en el proceso de adquisición, desarrollo del lenguaje, habla y de todo tipo de aprendizajes. Según la Organización Mundial de la Salud, actualmente se registran 360 millones de personas que padecen pérdida de audición discapacitante en todo el mundo, de los cuales 32 millones son niños (OMS, 2015).

En la actualidad, las pruebas para evaluar la audición se realizan en una cabina sonoamortiguada especializada de alto costo y de difícil portabilidad que solo existen en algunos consultorios y hospitales especializados. Por lo anterior, cientos de niños de zonas rurales apartadas no tienen acceso a estas pruebas especializadas (Audiometría Tonal). Actualmente, profesionales especializados pueden realizar un diagnóstico audiológico certero a muy temprana edad, mediante la utilización de equipos de alta tecnología. Sin embargo, en el contexto nacional sigue teniendo vigencia el uso de pruebas sencillas que permiten detectar deficiencias auditivas y las cuales pueden ser aplicadas ampliamente en los programas de salud pública en atención infantil por enfermeras o médicos, o en los programas del ICBF por jardineras o madres comunitarias de manera subjetiva (INSOR, 2004). Esto hace que no sea posible detectar a tiempo problemas auditivos, generándoles consecuencias sociales, educativas y afectivas, precisamente por la falta de una evaluación preventiva.

El objetivo de las pruebas de tamizaje en audiometría es apoyar la detección temprana de posibles patologías o alteraciones en la audición y la comunicación de niños en escolaridad, tomando como referente los hitos que marcan el desarrollo del lenguaje, la audición y la comunicación (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016). Actualmente estas pruebas de tamizaje que se realizan son subjetivas, es decir, estas pruebas son aquellas que necesitan la colaboración del paciente para ser realizadas. En dichas pruebas el explorador realiza una acción y se espera del explorado una respuesta, dependiendo lo que pueda o no percibir al ser expuesto a un estímulo auditivo. Aunque las pruebas de tamizaje se basan en ejercicios sencillos, se hace necesario contar con instrumentos, herramientas y/o aplicaciones portables de bajo costo económico, que permitan realizar este tipo de pruebas en diferentes campañas médicas, sin depender de los equipos especializados ubicados en los centros médicos.

Por lo anterior, en este artículo se presenta como aporte la herramienta Hero Test, la cual es una aplicación de tamizaje amigable, interactiva, portable y de bajo costo, cuyo objetivo es facilitar la detección de los primeros signos de pérdida en la audición, de modo que pueda ser empleada en el inicio del tratamiento o rehabilitación temprana, minimizando los efectos secundarios de una pérdida auditiva.

La herramienta Hero Test tiene como público objetivo a los niños entre 4 y 7 años de edad, por lo cual se debía desarrollar una aplicación interactiva, de fácil manejo y sin perder el foco de la evaluación auditiva, de tal modo que se profundizó sobre la psicología y percepción en los niños de estas edades, para determinar lo que se podría

crear o diseñar para que fuese más interactivo y a su vez los sonidos prevalecieran sobre el ambiente y no fuesen aburridos, de tal manera que no se perdieran los resultados esperados. De acuerdo a lo anterior, es importante dar a conocer elementos de la psicología y aprendizaje en niños de edades tempranas tomadas como referencia al implementar y desarrollar la aplicación. Es de este modo importante tener en cuenta los primeros sonidos aprendidos a través del entorno como animales, instrumentos musicales y vocales (Neira & Torres, 2011).

Las tecnologías para el desarrollo utilizadas son App inventor, la cual es una plataforma que permite crear aplicaciones móviles para sistemas operativos android con un lenguaje de bloques, además de la utilización de Tinydb como gestor de base de datos para el almacenamiento los registros. Estas herramientas ayudaron a crear de manera ágil un prototipo fácil de manejar, alineado a la metodología de desarrollo de software ágil llamada SUM (Molero, 2019; Hernández, Pérez, & Correa, 2017).

El resto del artículo está organizado de la siguiente manera: en la segunda sección se presentan un conjunto de trabajos relacionados con la investigación; la sección tres contempla de descripción del proyecto, se presentan las pruebas de usuario realizadas sobre el prototipo desarrollado; en la sección cuatro se presenta el análisis de los resultados obtenidos de la sección tres. Finalmente, en la sección 5 se presentan las conclusiones y trabajos futuros derivados de la presente investigación.

2. Trabajos relacionados

Dentro del contexto de la investigación se evidencian que existen múltiples trabajos que tratan la problemática de la audición desde de la rama de la salud, trabajos de pruebas de tamizaje con instrumentos o métodos subjetivos, y desde el ámbito tecnológico se encontraron herramientas creadas para ayudar o rehabilitar a personas mayores de edad que sufren de alguna pérdida, pero ninguna apunta a la prevención o detección temprana de deficiencias auditivas en edades iniciales, el Ministerio de salud asegura que la mitad de los casos de daños en el oído, pérdida de la audición y/o sordera, son evitables (Cubillos, 2016), si son detectados a tiempo. Atendiendo las recomendaciones de la OMS(Organización mundial de la salud) y las necesidades del Ministerio de Salud y Protección Social de tomar medidas efectivas para conocer los riesgo, detectar y tratar oportunamente las enfermedades del oído, los trastornos de la audición y la comunicación, para evitar la discapacidad. A continuación se presenta la descripción de trabajos relacionados:

En (SDS, 2002), se presenta un instrumento de tamizaje auditivo creado por el INSOR llamado Instrumento de tamizaje para la detección temprana de deficiencias auditivas en los menores de cinco años y escolares, el cual describe la utilización de tres guías sencillas para el personal de salud en lo que concierne a la realización de tamizajes auditivos a través de actividades procedimientos y recomendaciones en las consultas de crecimiento y desarrollo para la detección de alguna deficiencia auditiva, las pruebas descritas en el instrumento son a menores de 5 años y de edad escolar, prueba con instrumentos sonoros, prueba con objetos sonoros y prueba con voz por señalamiento.

En (Alvarez, 2011), se describe la realización del análisis y detección del deterioro auditivo a una población de niños entre los 0 a 5 años de edad así como patologías

encontradas durante los periodos del 2007 a 2009 para esa población. Donde la edad que se diagnosticó de hipoacusia fue a un grupo de niños de 0 a 2 años.

En (Parra, Castellanos, & Pardo, 2017), describe un desarrollo online creado con la intención de mejorar el desempeño de personas con disminución en su capacidad auditiva y comunicativa con apoyos interactivos por las TIC para la inclusión. "Escúchame" es una herramienta que por medio de actividades lúdicas e interactivas ayuda la rehabilitación auditiva a personas con esta discapacidad.

En (Solis & Hernández, 2016), se presenta el proyecto caracterización del estado auditivo de un grupo de niños de 3 a 5 años de la comuna 5 de la ciudad de Popayán, donde identifican el estado de salud en los grupos de niños y determinan el nivel mínimo de respuesta, la evaluación realizada fue a 85 niños donde se le realizaron evaluaciones audiológicas y se dictaminó que el 15% de la población tomada presenta algún problema auditivo. Se realizaron pruebas subjetivas, que permiten medir en forma cuantitativa la audición de un paciente, la capacidad auditiva periférica, mediante un instrumento generador de diferentes tonos puros, desprovistos de armónicos, emitidos a diferentes intensidades.

En (Hearo, 2019) se presenta una aplicación móvil denominada HEARO, la cual forma parte del entretenimiento interactivo, ayuda a reconocer y distinguir sonidos y respuesta a estímulos auditivos con el fin de identificar los primeros signos de pérdida de la audición temprana, donde los resultados indican si existe una sospecha de pérdida auditiva en un niño y se encuentra solamente en dos idiomas inglés y alemán.

3. Descripción del proyecto

La aplicación desarrollada consiste en la muestra audible de un sonido (Sonidos de Instrumentos o Sonidos de Animales), el cual dependiendo del nivel permitirá conocer si es escuchado, esto se realiza a través de botones que presionará el niño donde se evaluará en tres estados si el sonido activado lo escucha, lo alcanza a percibir o no lo escucha; el paciente y/o niño tocará los botones indicados para conocer si es audible el sonido o no, esto permitirá recolectar la información para luego ser verificada y ver qué nivel de audición presenta mediante el resultado final. El grado de pérdida auditiva puede ser leve, moderado, severo o profundo, en donde incluso la pérdida de audición "leve" es capaz de afectar las destrezas de habla y lenguaje del niño (ASHA, 2012).

Para el desarrollo de esta aplicación a manera de juego se tuvo en cuenta, cuales son los primeros sonidos, objetos y sonido audibles de animales que empiezan a ser percibidos desde los 2 años en adelante. Lo cual desde la perspectiva de la psicología dicen que existen varias clases de percepciones y sonidos que aprenden a percibir desde esa edad o menor, por lo que se seleccionó aquellos objetos tomados desde la cartilla de INSOR documento para la realización de tamizaje auditivo, entre las pruebas seleccionadas para realizar el tamizaje auditivo son (INSOR, 2004): Observación de Oreja, Otoscopia, Prueba con instrumentos sonoros (campana, cencerro y tambor), Prueba con objetos sonoros (muñeco de caucho, sonajero y papel) y Prueba de voz por señalamiento.

De las anteriores pruebas utilizadas por especialistas en el área de la salud se tomó la aplicación de prueba con instrumentos sonoros con el propósito de incorporarlo, así

utilizar estos elementos y tener en cuenta sus sonidos respectivos. Para ello realizando la división en niveles donde se efectúo lo siguiente, en cuanto a la separación de los objetos que se propuso implementar resultando así:

- Sonidos Audibles de Animales, dentro los cuales los más reconocidos son: Perro, Gato, Vaca, Pájaro, Cerdo, Gallo, León y Pato.
- Sonidos Audibles de Instrumentos musicales, dentro los cuales los más reconocidos son: Tambor, Maracas, Xilófono, Flauta, Guitarra, Silbato y Trompeta.

Los elementos seleccionados son con los que se trabajaron y fueron parte vital para la interactividad y resultado de la prueba establecida, la idea ahora es asignar el sonido correspondiente al elemento. Dentro de la aplicación cada elemento está organizado de acuerdo a los sonidos en volumen audible desde el de mayor rango de decibel hasta el más bajo, como se encuentra descrito en las siguientes tablas.

Nº	Objeto Sonido Animales	Decibel dB
1	Rana	5
2	Vaca	10
3	Pájaro	15
4	Perro	18
5	Delfín	20
6	Cerdo	22
7	Gato	23
8	Ratón	25

Fuente: Propia del autor

Tabla 1 – Clase de Sonido Animales

Nº	Objeto Sonido Instrumentos Musicales	Decibel dB
1	Guitarra	5
2	Flauta	10
3	Tambor	15
4	Silbato	18
5	Trompeta	20
6	Piano	22
7	Triángulo	23
8	Campana	25

Fuente: Propia del autor

Tabla 2 – Sonidos Instrumentos musicales

Un decibel (dB) es una unidad de medida en la intensidad sonora o volumen, se utiliza para medir la sensibilidad en el oído humano. El nivel de presión sonora de los sonidos audibles varía entre 0 dB y 120 dB. Los sonidos de más de 120 dB pueden causar daños auditivos inmediatos e irreversibles. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el oído humano pude tolerar 55 decibeles sin ningún daño a su salud.

El puntaje dado en decibeles ayudará a verificar el grado de pérdida auditiva. En un niño si tiene un nivel de audición normal puede escuchar desde los 5 dB hasta los 15 dB como máximo hasta los 25 dB (ASHA, 2012).

Por ello los sonidos seleccionados se adecuaron a una intensidad o volumen para conocer el rango que puede escuchar y poder medir el nivel audible al niño.

En el contexto tecnológico la mayoría de las aplicaciones deben ser diseñadas de tal forma que el usuario pueda sentirse cómodo al utilizarla. Para este caso el usuario presentado son niños entre las edades de 4 a 7 años, donde lo que se busca es la interacción de

una forma amigable y entendible, que la aplicación se pueda explicar por sí misma, por ello hay que tener en cuenta todos los elementos a utilizar como colores, texturas, imágenes y el contexto. Estas deben corresponder a la realidad y el significado, dado en su contenido esto conlleva al entendimiento y facilidad de uso por parte de su usuario, percibiendo además el autoaprendizaje generado por los elementos correspondientes presentados dentro de la aplicación, como se visualiza en la figura 1.



Inicio | Selección de prueba | Puntaje | Registro de prueba

Figura 1 – Estructura de la herramienta Hero Test.
Fuente: Propia del autor

Puntaje: Para cada nivel y plantilla de cada personaje se mostrarán tres botones diseñados a la perspectiva de los niños, donde podrán interactuar con los tres botones que estos determinaran la escucha del sonido utilizado dentro de cada nivel, donde cada uno de ellos tiene un puntaje otorgado de acuerdo a un nivel audible por ellos. Para la asignación del puntaje para cada sonido se realizó de acuerdo a tres tipos de situaciones:

Situación 1: El sonido es escuchado y se le es asignado una puntuación de 10 puntos.

Situación 2: El sonido alcanza ha ser percibido, se le ha asignado una ponderación de 7 puntos.

Situación 3: El sonido no es escuchado, se le ha asignado una valoración de 2 puntos.

En la visualización de la aplicación se verá como la figura 1 en la pantalla llamada puntaje, donde al iniciar se reproducirá el sonido del elemento para que el niño pueda seleccionar si el sonido fue escuchado, percibido o no logro escucharlo; las imágenes representan la relación de acuerdo a la elección que debe tomar como se describió en las situaciones anteriores.

Evaluación Test: En las pruebas de audiometría se incluyen la utilización de estímulos sonoros que representan diferentes rangos de frecuencia por ejemplo: un tambor, un sonajero o una campana, etc. Esta prueba se utiliza para observar el comportamiento del niño en respuesta a ciertos sonidos. La pérdida de audición se da en algún grado que altera

la capacidad para la recepción y comprensión de los sonidos. Los grados de evaluación auditiva se dividen en: Los niveles de pérdida establecidos por la ASHA (American Speech Language Hearing Association). Grado de audición Normal (-10 a 15 dB); Leve (16-25 dB); Media (26-40 dB); Moderada (41-55 dB); Moderadamente severa (56-70 dB); Severa (71-90); Profunda (91+) [11]. Se considera que existe una pérdida auditiva leve cuando no se registran los sonidos entre los 20 o 40 dB, se presentan problemas como la falta de atención y un retraso leve en el lenguaje. Pérdida auditiva moderada registran niveles de 40 o 60 dB, se presentan problemas de aprendizaje, atención y lenguaje. Los casos de pérdida auditiva severa cuando no se detectan lo sonidos hasta que alcanzan entre 60 y 85 dB, existe perdida severa no perciben las palabras. Perdida auditivita profunda cuando no se perciben los sonidos que llegan entre 85 en adelante, existe una perdida profunda y no se desarrolla el lenguaje.

Atendiendo a lo anteriormente expresado, en la sección del puntaje otorgado para los sonidos se tienen en cuenta que los sonidos van desde los 5 dB hasta 25 dB, realizando para cada sonido un nivel de respuesta para los tres estados (Lo escuche, lo percibe, no lo escucho), contando con un puntaje entre 10 y 2 puntos llegando a un puntaje máximo posible de 100 puntos y un mínimo de 20 puntos (Ver tabla 2).

Puntaje	Sonido 1	Sonido 2	Sonido 3	Sonido 4	Sonido 5	Sonido 6	Sonido 7	Sonido 8	Puntaje Total
10	10	10	10	10	10	10	10	10	100%
7	7	7	7	7	7	7	7	7	70%
2	2	2	2	2	2	2	2	2	20%

Fuente: Propia del autor

Tabla 2 – Parámetros de evaluación del test

Estos puntajes en la aplicación representan el nivel de escucha de un nivel a evaluar de acuerdo al test realizado. Esta guardará el puntaje obtenido por el paciente, y seguidamente se encontrarán con un botón llamado evaluar, donde de acuerdo al puntaje establecido previamente, la aplicación desactivará los niveles no correspondientes.

Dada la situación que el puntaje sea entre 80% y 100%, la aplicación mostrará el resultado como se evidencia en la figura 10.

En la situación que el puntaje sea entre 79% y 50% la aplicación visualizará el nivel establecido de acuerdo al puntaje obtenido como se vé en la figura 11.

Dada la situación que el puntaje sea menor a 49% la aplicación mostrará en color rojo la alerta de una posible pérdida de audición, como se muestra en la figura 2, cada una de las situaciones conrespecto a las evaluaciones.

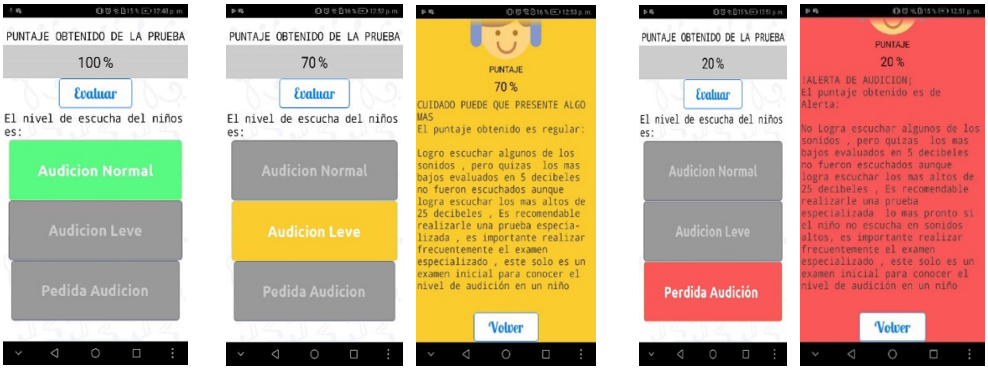


Figura 2 – Resultados prueba de audición
Fuente: Propia del autor

4. Resultados

Para el proceso de evaluación de la aplicación se hace de acuerdo a la efectividad de los resultados esperados frente a una prueba real de tamizaje realizada por un fonoaudiólogo. Por lo anterior, primero se seleccionó el público objetivo: niños entre los 4 a 7 años de edad, la mayoría de los niños entre estas edades se encuentran en jardines infantiles. En este caso se escogió el Hogar Infantil Bulliciosos ubicado al sur de la ciudad, éste es un hogar comunitario que atiende a niños entre los 2 años y 7 años de edad, así mismo es uno de los miles de hogares existentes en Popayán que trabaja con el ICBF(Instituto Colombiano de Bienestar Familiar). El hogar actualmente cuenta con 15 niños entre las edades de 2 a 7 años de edad y entre ellos existen 8 niños que cuentan con la edad de 4 a 7 años.

La evaluación consta de dos versiones con el fin de ver los resultados finales arrojados por las pruebas realizadas. La primera prueba a realizar es la prueba de tamizaje auditivo con instrumentos sonoros, esta prueba está a cargo de una especialista en el área, ella realiza las pruebas para los 8 niños seleccionados, la prueba se realiza como una prueba normal que realiza un fonoaudiólogo, sin ninguna modificación. Dentro de los materiales usados para la prueba se encuentran: Otoscopio, algodón, linterna e instrumentos musicales (tambor, sonajero, triángulo).

Descripción de prueba por fonoaudiología: Para la realización de esta se recomendó utilizar un salón sin ruido, se seleccionó un aula donde se recibió a cada niño, al ingresar la fonoaudióloga los saluda con el propósito de percibir si la escuchan, luego de ello observa sus oreja cuidadosamente la forma, el tamaño, la colocación de la oreja con respecto a la cabeza y si hay secreción en el conducto auditivo. Este procedimiento lo debe realizar con cada oreja. Para ver si no presenta alguna novedad, utilizando el otoscopio observa en la parte interior del oído. La otoscopia es una prueba especializada que se utiliza solamente en el sector salud, debido a que requiere del conocimiento y manejo por parte de un profesional experto como puede ser el médico o la enfermera (Manon Lètourneau Gingras, 2019), y por último se realiza la prueba con instrumentos sonoros. El examinador produce un sonido suave con el tambor fuera de la visión

periférica del niño o niña, inicialmente por un oído y luego por el otro, a una distancia de 30 cm. Posteriormente hace lo mismo con los demás instrumentos musicales se debe esperar por lo menos 3 segundos antes de presentar el siguiente estímulo. El estímulo sonoro debe emitirse durante 2 segundos antes de dar la prueba por terminada, el niño o niña debe responder auditivamente a dos de estos objetos sonoros. La audiometría condicionada por juego (CPA en inglés) se realiza en los niños de tres a cinco años. La CPA muestra al audiólogo el modo en que el niño oye los diferentes tonos con los audífonos colocados. El audiólogo hace que el examen sea más divertido al convertirlo en un juego para niños. Por ejemplo, en vez de que levante la mano, el audiólogo le pedirá al niño que coloque un bloque en un balde cada vez que oiga un sonido y luego lo felicitará cuando dé la respuesta correcta (Batlle, 1982).

Criterios de respuesta: Se pueden encontrar las siguientes respuestas ante estímulos sonoros: Sonrisa, Contacto visual, Seguimiento con la mirada, Actitud de escucha, Giro de cabeza en dirección al sonido. Si el niño o la niña gira su cabeza hacia el lado contrario de donde se produjo el sonido, la respuesta se registra como negativa. El informe generado con base a los resultados obtenidos de la prueba por fonoaudiología con instrumentos sonoros fueron los siguientes:

Paciente	O.D	O.I	Graves	Medias	Agudas	Recomendaciones	Resultado
1	M.T integra	M.T integra	Busca la fuente sonora.	Busca la fuente sonora.	Busca la fuente sonora.	Pautas de higiene auditiva. Limpieza en oído izquierdo	Audición normal. **Pasa**
2	M.T integra	M.T integra	Busca la fuente sonora.	Busca la fuente sonora.	Busca la fuente sonora.	Pautas de higiene auditiva. Limpieza en ambos oídos.	Audición normal. **Pasa**
3	Agenesia de pabellón auricular derecho.	Tapón total de cerumen	Dificultad en Buscar la fuente sonora	Dificultad en Buscar la fuente sonora	Dificultad en Buscar la fuente sonora	Pautas de higiene auditiva. Limpieza en oído izquierdo con glicerina carbonatada. Valoración por fonoaudiología.. Valoración formal de la audición. Se percibe dificultad en las frecuencias agudas.	Baja audición. **No pasa**
4	Tapón total de cerumen	M.T integra Cerumen parcial	Busca la fuente sonora	Busca la fuente sonora	Busca la fuente sonora	Pautas de higiene auditiva. Limpieza en oído izquierdo con glicerina carbonatada.	Audición normal. **Pasa**
5	M.T integra	M.T integra	Dificultad en Buscar la fuente sonora	Busca la fuente sonora	Busca la fuente sonora	Valoración formal de la audición.	Audición sospechosa. **No pasa**

Paciente	O.D	O.I	Graves	Medias	Agudas	Recomendaciones	Resultado
6	M.T integra Cerumen parcial	M.T integra Cerumen parcial	Busca la fuente sonora	Busca la fuente sonora	Busca la fuente sonora	Pautas de higiene auditiva. Limpieza en oído izquierdo con glicerina carbonatada.	Audición normal. **Pasa**
7	M.T integra	M.T integra	Busca la fuente sonora	Busca la fuente sonora	Busca la fuente sonora	Pautas de higiene auditiva.	Audición normal. **Pasa**
8	M.T integra	M.T integra	Dificultad en Buscar la fuente sonora	Busca la fuente sonora	Busca la fuente sonora	Valoración formal de la audición.	Audición sospechosa. **No pasa**

Fuente: Propia del autor

Tabla 2 – Muestra de informe fonoaudióloga

La segunda prueba a realizar es la prueba de tamizaje auditivo con la aplicación donde contiene sonidos de elementos musicales o de sonidos de animales cada uno presenta un grado de decibel a medir. Este se realiza a los 8 niños seleccionados, en un área sin filtración de ruido externo. Materiales utilizados: Smartphone, Auriculares, Aplicación Hero Test.

Descripción de prueba Hero Test; para la realización de esta se recomendó utilizar un salón sin ruido, se seleccionó un aula donde se recibió a cada niño. A cada uno de los niños se les dio primero una introducción, esta consiste en comentarles que van a escuchar unos sonidos de animales o instrumentos musicales, y de acuerdo a eso se les explica que al escuchar el sonido lo pueden repetir con su voz esto es para comprobar si el sonido se reprodujo, y de ello se les solicita que si escuchan el sonido deben oprimir la imagen de la cara feliz, si medio lo escuchan oprimir la cara dos y si no escuchan el sonido deberán oprimir la cara triste. **Criterios de respuesta:** Con lo anterior los niños realizaron cada una de los acciones con respecto si escuchaban o no con las caritas, algunos repetían los sonidos y otros decían: si lo escuche o no escucho. Cada uno de los niños evaluados realizó los dos niveles tanto el de sonidos de animales como los sonidos de instrumentos musicales y se registró sus datos personales como el nombre, edad, lugar, descripción se coloca el sonido escuchado o evaluado para el registro de su puntaje obtenido en cada una de las pruebas.

El informe generado con base a resultados obtenidos de la prueba fueron los siguientes:

Paciente	Edad	Lugar	Descripción	Puntaje	Hora
1	6	Guardería	Sonidos Instrumentos Musicales	70	11:00
1	5	Guardería	Sonido con Animales	88,75	11:03
2	5	Guardería	Sonido con Animales	100	11:05
2	4	Guardería	Sonidos Instrumentos Musicales	100	11:09

Paciente	Edad	Lugar	Descripción	Puntaje	Hora
3	4	Guardería	Sonido con Animales	62,5	11:12
3	4	Guardería	Sonido Instrumentos	75	11:15
4	4	Guardería	Sonido con Animales	58,75	11:17
4	4	Guardería	Sonido Animales	68,75	11:21
5	5	Guardería	Sonido Animales	82,5	11:23
5	5	Guardería	Sonido Instrumentos	100	11:25
6	4	Guardería	Sonido Animales	96,25	11:28
6	4	Guardería	Sonido con Instrumentos	100	11:29
7	7	Guardería	Sonido Animales	100	11:31
7	7	Guardería	Sonido Instrumentos	100	11:32
8	5	Guardería	Sonido Instrumentos	100	11:36
8	5	Guardería	Sonido Instrumentos	100	11:38

Fuente: Propia del autor

Tabla 3 – Resultados prueba tamizaje con Hero Test.

De acuerdo a las dos evaluaciones realizadas, la primera prueba presentada es una prueba de fonoaudiología normal que realiza un especialista, la segunda es la prueba por parte de la aplicación; con los resultados que se muestran en las siguientes tablas se puede analizar, lo siguiente:

Nº Niños	Promedio de Edad	Puntaje	Tiempo Promedio X Niño	Total Tiempo	Aprueban	Posibles problemas audición
8	5	3 de 5	5,5 min	60 minutos	***5***	*3*

Fuente: Propia del autor

Tabla 4 – Consolidado de Prueba de fonoaudiología

Nº Niños	Promedio de Edad	Puntaje	Tiempo Promedio X Niño	Total Tiempo	Aprueban	Posibles problemas audición
8	5	87,7	2,4 minutos	40 minutos	*5*	*3*

Fuente: Propia del autor

Tabla 5 – Consolidado de Prueba con la aplicación Hero Test

De acuerdo a los resultados presentados en las anteriores tablas se evidencia claramente que la efectividad de identificación de problemas auditivos en niños con estas edades

es de un 100% empleando la aplicación HeroTest frente a los diferentes dispositivos empleados por la Fonoaudióloga, y en cuanto a tiempo es muy optima dado que los resultados se obtienen en menor tiempo.

5. Conclusiones

La dinámica de la investigación frente a la efectividad de la aplicación obtuvo muy buenos resultados con respecto a una prueba de tamizaje auditivo especializado, la aplicación logró su objetivo en cuanto a mostrar los resultados esperados en una evaluación auditiva. Los niños lograron completar sin ninguna dificultad cada uno de los niveles y su nivel de respuesta es bueno ya que respondieron con la dinámica diseñada y de forma intuitiva. Las pruebas de tamizaje auditivo deben realizarce en primera instancia, éstas no reemplazan a una prueba de tonos puros de forma especializada, solo es una prueba para la detección temprana de posibles alteraciones auditiva en niños de 3 a 7 años de edad. A partir de los resultados se observa que una forma de obtener la atención del niño es través de animación, imágenes que su entorno puedan reconocer. Así mismo se evidencio que con la aplicación el fonoaudiólogo optimiza el tiempo al desarrollar la prueba y la efectividad es de un 100%. Hero Test es un instrumento de tamizaje interactivo enfocado en la detección temprana de deficiencias auditivas en niños entre los 4 a 7 años de edad y con respecto a los resultados dados anteriormente se puede resaltar la confiabilidad obtenida frente al resultado tomado desde los dos ejes. El primero desde el examen que realiza un especialista en audiología donde determinó al grupo de 8 niños que existen 3 niños con posibles problemas auditivos, cada examen tuvo una duración 5,5 minutos promedio por cada niño, de la cual la mayor parte de la sesión se acondicionó al niño, al ambiente y explicación de lo que debía realizar. El segundo se toma desde el examen que realiza la aplicación móvil al mostrar los resultados de los 8 niños registrados se evidencia que 3 niños presentan puntajes muy bajos, cada examen tuvo una duración de 2,4 minutos por cada niño, la cual los niños se acondicionaron muy bien al juego con solo una explicación. Dentro de la muestra de las dos herramientas con sus respectivos resultados se puede evidenciar que la aplicación detecta de manera efectiva que de los 8 niños evaluados 3 están con posibles problemas auditivos, los cuales al verificar de acuerdo al registro se detectó que corresponden a los mismos niños que también dictaminó la especialista como revisión para audiometría por posibles problemas de audición.

Referencias

Alvarez, E. (2011). *Behavior of neurosensory hypoacusis in children*. AMC.

ASHA. (2012). *American Speech Language Hearing Association*. Obtenido de https://www.asha.org/uploadedFiles/Los-efectos-de-la-perdida-de-audicion-en-el-desarrollo.pdf

Batlle, E. S. (01 de 1982). Audiometría infantil. Distintas pruebas.Realización y valor de las mismas. *Revista de logopedia, foniatría y audiología, 2*(1), 4-9.

Cubillos, N. I. (2016). *Salud auditiva y comunicativa en Colombia, pautas para el cuidado del oído y la audición*. Ministerio de Salud y protección social.

Hearo. (02 de 04 de 2019). *Hearo*. Recuperado el 04 de 2019, de Instrumentos de Tamizaje para la detección temprana de deficiencias auditivas en los menores: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.hearo_free.android&hl=es

Hernández, A., Pérez, K., & Correa, O. (2017). Engineering framework for the videogame development process. *Revista RACCIS*, 13-26.

INSOR. (2004). *Salud Auditiva y Comunicativa: Módulo de Capacitación*. Bogotá, DC.

Manon Lètourneau Gingras, E. B. (2019). *La valoración audiológica de los niños: de la técnica a la observación, Audiología Clínica Infantil*. (Instituto Universitario Dexeus) Recuperado el 04 de 2019, de http://www.desenvolupa.net/content/download/124/584/file/La+valoraci%C3%B3n+audiol%C3%B3gica+de+los+ni%C3%B1os.pdf

Ministerio de Salud y Protección Social. (2016). *Instrumento de valoración auditiva y del lenguaje para niños de 0 a 12 años*. Recuperado el 05 de 2019, de https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/cartilla-vale-msps.pdf

Molero, L. (2019). Videojuego el Corsario. *Revista Germina, 1*(1).

Neira, L., & Torres, D. (2011). *Diseño y validación de un instrumento de tamizaje de habilidades auditivas*. https://revistas.ecr.edu.co/index.php/RCR/article/view/74, DOI: 10.30788/RevColReh.v10.n1.2011.74.

OMS. (2015). *Organización Mundial de la Salud*. http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs300/es/.

Parra, C., Castellanos, A., & Pardo, L. (2017). Ambientes interactivos mediados por las TIC: Innovación del desarrollo auditivo y comunicativo de la población con deficiencia auditiva. *Revista de ingeniería e innovación, 5*(1), 7-17.

SDS., I. –S. (2002). Informe final de Investigación "Validación del instrumento de tamizaje para la detección temprana de deficiencias auditivas en la población menor de cinco años que asiste a los controles de crecimiento y desarrollo, en siete centros de salud de la localid. Bogotá DC.

Solis, A., & Hernández, M. (2016). *Caracterización del estado auditivo de un grupo de niños de 3 a 5 años de la comuna 5 de la ciudad de Popayán*. Trabajo de grado especialización en fonoaudiología, Corporación Universitaria Iberoamericana, Cundinamarca, Bogotá.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 12/09/2019
Aceitação/Acceptance: 22/11/2019

Inclusão de Pessoas com Deficiências Auditivas por meio do uso de um Sistema para Geração Automática de Legendas em Tempo Real em Apresentações Orais e de Material de Apoio

João Victor Menezes[1], Marcelo de Paiva Guimarães[2], Valéria Farinazzo Martins[1,3]

joaomenez@yahoo.com.br, marcelodepaiva@gmail.com, valeria.farinazzo@mackenzie.br

[1] Faculdade de Computação e Informática - Universidade Presbiteriana Mackenzie, Rua da Consolação, 930, CEP 01302-000, São Paulo – SP, Brasil.

[2] Universidade Federal de São Paulo – Núcleo UAB/ Programa de Mestrado do Centro Universitário Campo Limpo Paulista, São Paulo, SP, Brazil.

[3] Programa de Pós-Graduação em Distúrbios do Desenvolvimento - Universidade Presbiteriana Mackenzie, Rua da Consolação, 930, CEP 01302-000, São Paulo – SP, Brasil.

Pages: 515–527

Resumo: Garantir a inclusão de pessoas portadoras de deficiência sempre foi um desafio para os governos e a sociedade. Oferecer ambientes acessíveis para todos, professores capacitados para lidar com qualquer diferença em sala de aula e ambientes de trabalho que prezam pela inclusão são ações que devem ser mandatórias para uma comunidade justa; com a evolução da tecnologia esse processo pode se tornar cada vez mais possível. Este projeto tem por objetivo atender e ajudar a inclusão da comunidade surda, alfabetizada em Português, principalmente nos ambientes escolares e corporativos. Foi desenvolvido um sistema voltado para criar legendas em tempo real da fala do interlocutor durante uma apresentação e de um material de apoio em formato textual da transcrição do áudio. Dessa forma, as pessoas com deficiência auditiva podem acompanhar a apresentação apenas pela leitura da legenda. Detalhes da implementação, assim como os testes realizados são apresentados.

Palavras-chave: Acessibilidade; Inclusão; Deficiência Auditiva; Sistema de Transcrição Automática.

Hearing Impaired People Inclusion through the Use of an Automatic Real-Time Subtitle Generation System in Oral Presentations and Handout

Abstract: The inclusion of people with disabilities has always been a challenge for governments and society. To provide environments accessible to everyone, as well as teachers able to handle diversities in the classroom, and work conditions that benefit inclusion are mandatory actions towards a fair community. The evolution of

technology has increasingly made this process viable. This project aims to support the inclusion of the deaf community, literate in Portuguese, especially in school and corporate environments. A system was designed to create real-time speech subtitles during a presentation and textual support for audio transcription. Thus, people with hearing impairments are able to follow a presentation just by reading the subtitle. Details of the implementation, as well as the tests performed, are presented.

***Keywords**:* Accessibility; Inclusion; Hearing Impaired; Automatic Transcription System.

1. Introdução

A comunicação é uma condição indispensável na vida dos seres humanos, por permitir o convívio em sociedade. De acordo com o último censo brasileiro, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)[1], em 2010, existiam quase 10 milhões de brasileiros com algum grau de deficiência auditiva, o que representava 5.1% da população. Segundo (Maciel, 2000), o problema de inclusão social de pessoas com deficiência começa bem antes da idade escolar ou adulta. Ele se manifesta desde o momento de sua percepção, seja a deficiência adquirida ou hereditária, física ou mental. Mesmo assim, essas pessoas estão cada vez mais inseridas em ambientes corporativos e acadêmicos; no entanto, ainda falta ferramentas que possam facilitar suas atividades diárias, tornando o trabalho mais natural. Em relação aos deficientes auditivos, um dos maiores problemas que eles enfrentam no mercado de trabalho é a acessibilidade, visto que a maioria das organizações empresariais não tem tecnologias assistivas ou intérpretes, pois isso acaba onerando os gastos. Já no ambiente educacional, as leis obrigam o acompanhamento de um intérprete, mas este nem sempre está presente em todos os horários, como palestras e outras atividades extracurriculares e de socialização.

Para garantir a acessibilidade e a inclusão digital destas pessoas é necessário criar mecanismos para facilitar o acesso às informações, seja no ambiente corporativo ou acadêmico. Assim, este projeto apresenta um sistema que auxilia as pessoas com deficiência auditiva a terem um suporte nas aulas, palestras e apresentações, em tempo real. Para tanto, foi desenvolvido um suplemento (*Add-Ins*[2]) que faz a transcrição do áudio falado, durante uma apresentação oral, em texto em forma de legenda para as apresentações que utilizam o PowerPoint. Não somente a visualização do discurso do interlocutor é gerado em forma de legenda, mas também um material de apoio em formato textual da transcrição do áudio, em conjunto com as telas salvas da apresentação visual (Power Point).

Desta maneira, esta solução é uma forma de inclusão através da tecnologia, facilitando a compreensão da comunidade surda em todas as apresentações realizadas no ambiente acadêmico ou corporativo, sendo voltado para a comunidade surda que tem conhecimento da língua Portuguesa.

Este artigo está estruturado como segue. Na seção 2 é apresentada a fundamentação teórica. Na seção 3 são apresentados os trabalhos relacionados. Na seção 4 estão os

[1] https://ibge.gov.br/

[2] Os suplementos (Add-ins) são recursos que fornecem novos comandos para as aplicações da Microsoft, no caso deste projeto para o Microsoft PowerPoint.

detalhes da metodologia do trabalho. Já na seção 5 estão os resultados do trabalho. E, finalmente, na seção 6, estão suas conclusões.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Reconhecimento de Voz

Desde o melhoramento dos motores (*engines*) de reconhecimento de voz, é possível construir sistemas baseados em comandos de voz interativos e em tempo-real (Lakdawala et al., 2018) (Nasib, Kabir, Ahmed, & Uddin, 2018). O processo de compreensão da linguagem falada pode ser, por exemplo, a transformação de uma fala em texto, através do reconhecimento da fala. Este reconhecimento é o processo de extração automática da informação linguística do sinal da voz (Giangola & Balogh, 2004; McTear, 2002).

Os sistemas de reconhecimento podem ser classificados de diversas maneiras, como tipo de enunciação e o grau de dependência dodo locutor. Considerando a técnica utilizada, eles são classificados da seguinte forma (Martins, 1997):

- Reconhecedores por comparação de padrões: baseiam-se no treinamento do sistema com padrões a serem reconhececidos e em reconhecimento realizando a comparação por similariedade entre o padrão desconhecido e o de referência.
- Reconhecedores baseados na análise acústico-fonética: levam em conta as características acústicas e fonéticas (por exemplo, presença de ressonância nasal, localização dos formantes, classificação sonoro/não sonoro) para decodificar o sinal da fala. Então, buscam identificar unidades fonéticas que forma a palavra a ser reconhecida, e então faz a concatenação dessas unidades.
- Reconhecedores baseados em inteligência artificial: utilizam técnicas como Redes Neurais e máquina de vetores de suporte (*support vector machine*) para o reconhecimento (Ghadage & Shelke, 2016).

Independentemente da técnica adotada, o objetivo é identificar as sílabas ou fonemas do áudio e convertê-los em sua transliteração literal. Existem alguns trabalhos que tratam da transcrição, porém não são voltados para a inclusão de deficientes auditivos. Por exemplo, (Topkara, Pan, Lai, Wood, & Boston, 2010) mostram um sistema da IBM voltado para a transcrição de gravações de reuniões. Os autores não apresentam detalhes sobre a implementação. Outro trabalho é o mostrado por (Law-To et al., 2011), que reconhece o conteúdo de notícias e reportangens e as traduz para diversas línguas. Assim, como o projeto anterior, este também é proprietário.

A transcrição de voz em texto para apoiar o entendimento de apresentações pode ampliar a inclusão dos deficientes auditivos em diversos contextos. O diferencial do trabalho aqui apresentado é o fato de ser voltado para a língua portuguesa, ser um suplemento do PowerPoint, transcrever em tempo real, gerar material de apoio e, consequentemente, alavancar a inclusão de deficientes auditivos.

2.2. Deficiência Auditiva

A audição pode ser considerada como um papel principal no desenvolvimento e manutenção da comunicação falada, além de ser um mecanismo de defesa, pois os

ouvidos não param de funcionar nem no processo do sono. De acordo com os padrões estabelecidos pela American National Standards Institute[3], deficiência auditiva é considerada como a diferença existente entre o desempenho do indivíduo e a habilidade normal para a detecção sonora; considera-se, em geral, que a audição normal é correspondente à habilidade para detecção de sons até 20 dB N.A. (decibéis, nível de audição).

A deficiência auditiva pode ser classificada em (Bess & Humes, 2008):

- Cundutiva: quando a habilidade para conduzir o som para o ouvido é bloqueada ou reduzida.
- Neurossensorial: causada devido a danos ocorridos na célula ciliada no ouvido interno. A perda auditiva relacionada à idade, conhecida também como presbiacusia é um tipo de perda auditiva neurossensorial.
- Mista: problema que se tem ao conduzir o som para o ouvido interno e dentro deste, as células ciliadas também estiverem danificadas. Ela é uma combinação da perda auditiva condutiva e perda auditiva neurossensorial.
- Central: não é, necessariamente, acompanhada de diminuição da sensitividade auditiva, mas manifesta-se por diferentes graus de dificuldade na compreensão das informações sonoras. Decorre de alterações nos mecanismos de processamento da informação sonora no tronco cerebral (Sistema Nervoso Central).

3. Metodologia do Trabalho

Este projeto teve duração de aproximadamente três meses (agosto a novembro de 2018) e envolveu um aluno de graduação em Ciência da Computação e uma pesquisadora na área de Interação Humano-Computador (IHC).

Para desenvolver este trabalho, foi utilizada Engenharia Reversa, tal como proposta por (Chikofsky & Cross, 1990). Esta abordagem foi utilizada porque já existia um protótipo desenvolvido e parcialmente funcional do sistema, sendo necessário corrigir algums erros de funcionalidades, inserir novas funcionalidades, alterar o código de acesso a alguns softwares, tais como o motor de reconhecimento de voz e o software de realização de apresentações visuais, além de alterar a linguagem de programação.

Assim, utilizando os conceitos de Engenharia Reversa, o trabalho foi desenvolvido com baseado em Prototipação (Luqi & Steigerwald, 1992), que combina características de desenvolvimento *top-down* e *bottom-up*. Nesta abordagem, sucessivas versões, também chamadas de protótipos, são geradas até que se atinja os requisitos identificados. Desta forma, o processo de desenvolvimento foi composto por quatro etapas inter-relacionadas e executadas de maneira iterativa:

1. Especificação dos Requisitos: Entendimento do problema para a construção da lista de requisitos funcionais e não funcionais, baseado no protótipo já existente e em discussões com a pesquisadora da área de IHC para entender as melhorias que deveriam ser impostas ao novo software.

[3] https://www.ansi.org/

2. Projeto do Sistema: Diante das melhorias solicitadas, verificou-se a necessidade de mudança de linguagem de programação, arquitetura do sistema e motor de reconhecimento de voz.
3. Implementação: Desenvolvimento computacional do sistema que, a cada iteração, era composto por mais funcionalidades, melhorias e adaptações.
4. Avaliação do Sistema: a cada iteração do processo de desenvolvimento, o sistema era avaliado pela pesquisadora da área de IHC.

3.1. Metodologia de Avaliação de Usabilidade

A fim de validar o sistema proposto, foram realizados testes de usabilidade. Utilizou-se uma amostra de conveniência para se estabelecer o público que poderia utilizá-lo. As pessoas foram convidadas a assistir a uma palestra com cerca de 15 minutos. Posteriormente, elas responderam a dois questionários: o questionário de satisfação em relação à geração de legenda (Figura 2) e em relação ao material didático gerado (Figura 3). Exceto as perguntas abertas, as demais utilizaram pontuação de 0 a 10.

1. Se estivesse difícil ouvir o professor falar por causa do barulho, ou que ele estivesse falando baixo, a legenda em tempo real te ajudaria a compreender melhor a aula?
2. Problemas de pontuação do texto afetaram de alguma forma o entendimento do texto ou foi possível entender mesmo assim?
3. O atraso da legenda gerada em relação à fala do professor prejudicou o entendimento?
4. Você gostaria de ter este sistema em suas aulas?
5. O que você mais gostou neste sistema?
6. O que você menos gostou neste sistema?
7. Críticas e sugestões:

Figura 1 – Questionário para a aula assistida

1. O texto que você leu está fácil de compreender?
2. Problemas de pontuação do texto afetaram de alguma forma o entendimento do texto ou foi possível entender mesmo assim?
3. Se você tivesse perdido aula, mas tivesse um material de texto gerado automaticamente pela fala do professor, tal como esse, você usaria em seus estudos?
4. Se você tivesse assistido à aula, mas quisesse recordar o assunto, o material de texto gerado seria útil para os seus estudos?

Figura 2 – Questionário para análise do material de texto e imagens

4. Resultados e Conclusões

Nesta seção estão descritas as fases de desenvolvimento do sistema, assim como o resultado da avaliação de usabilidade.

4.1. Análise de Requisitos

Foram identificados os seguintes requisitos funcionais para o sistema, já em sua fase inicial (protótipo 1):

- Deve transformar a fala do interlocutor em texto para a legenda, em tempo real.
- As legendas devem ser apresentadas juntamente com a apresentação do PowerPoint.
- Deve transformar a fala do interlocutor em texto para a geração de material de apoio em conjunto com as telas extraídas do PowerPoint.

Já os requisitos não funcionais, identificados durante a etapa de levantamento de requisitos, na primeira versão deste sistema (protótipo 1), foram:

- Deve funcionar com o menor atraso possível.
- Deve ter alta taxa de reconhecimento de voz, acima de 90%.
- Deve transformar a fala do interlocutor em texto e exportar em formato de arquivo texto, segmentado por *slides* da apresentação.
- Deve exportar cada *slide* da apresentação em formato jpg para combinar com cada arquivo texto gerado.

Para o desenvolvimento desta segunda fase (utilizando Engenharia Reversa), foi necessário se estabelecer que o sistema:

- Deve resolver problema de escrita da legenda em tempo real, em que o texto é reescrito (atualizado) várias vezes e projetado no sistema, confundindo o usuário.
- Deve ser fácil de ser instalado.
- Deve gerar material de apoio mais organizado do que na primeira versão.

4.2. Projeto

Para a criação do sistema em sua primeira versão (protótipo 1), foi utilizado o serviço de transcrição de áudio em texto denominado Watson[4], da empresa IBM. O ambiente de desenvolvimento foi o Visual Studio 2017[5] com a linguagem C++ e a biblioteca REST SDK[6], criada pela Microsoft para facilitar a comunicação cliente-servidor de forma assíncrona. O sistema operacional utilizado foi o Windows 10.

Devido a remodelagem do sistema para a segunda versão, utilizou-se outro conjunto de tecnologias. Para o correto acoplamento da segunda versão no PowerPoint, a aplicação foi escrita através da linguagem C#, desenvolvida pela Microsoft para compor a plataforma NET Framework. O ambiente de desenvolvimento foi o Visual Studio 2017 com a extensão Office Developer Tools[7], que permite a criação de *Add-Ins* para qualquer componente do pacote Office. Para a transcrição de áudio em texto utilizou-se o conjunto de APIs fornecidos pela Google[8]. O Sistema operacional utilizado foi o Windows 10.

[4] https://www.ibm.com/watson/br-pt/
[5] https://visualstudio.microsoft.com/pt-br/
[6] https://github.com/microsoft/cpprestsdk
[7] https://visualstudio.microsoft.com/pt-br/vs/features/office-tools/
[8] https://www.google.com/

4.3. Implementação

A aplicação final consiste num *Add-in* desenvolvido especificamente para o PowerPoint; sua execução fica totalmente transparente para o usuário. Para a correta utilização do sistema, os requisitos mínimos são: um computador com sistema operacional Windows 7 ou superior, uma conexão com a internet e, por fim, o PowerPoint instalado juntamente com o próprio sistema.

Para utilizá-lo, basta abrir qualquer apresentação de slides no PowerPoint, pressionar o botão F5 ou acionar o modo de apresentação com o mouse, e o próprio PowerPoint inicializa a ferramenta automaticamente.

Após sua inicialização, a ferramenta abre uma pequena janela do Windows onde é possível visualizar o discurso transcrito do orador em forma de legenda. A Figura 4 apresenta o PowerPoint funcionando em conjunto com a ferramenta. Na parte de cima, está a apresentação do *slide* e, a parte de baixo, onde aparece a legenda em tempo real.

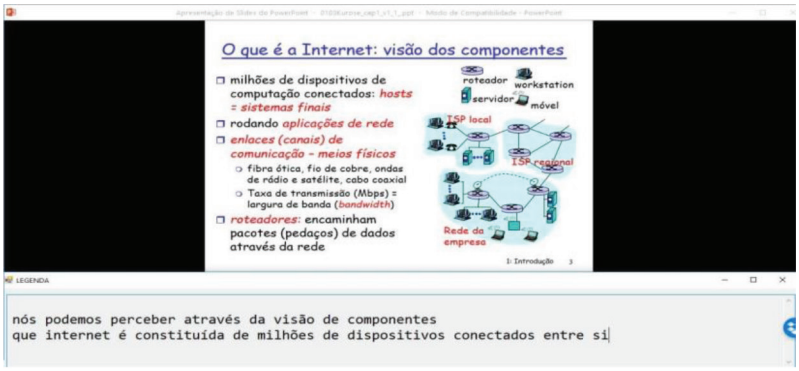


Figura 3 – PowerPoint funcionando em conjunto com a ferramenta de legenda.

Por fim, ao fechar a apresentação, a ferramenta gera uma pasta na raiz do próprio arquivo da apresentação executada, contendo fotos de todos os slides e arquivos -textos com o conteúdo das legendas apresentadas, ambos nomeados com o número de cada *slide*. A Figura 5 apresenta a pasta gerada.



Figura 4 – Pasta gerada pela ferramenta.

4.4.Testes de Funcionalidade

Após a implementação do sistema foram realizados testes funcionais. A seguir são listados os principais testes que foram realizados e os resultados obtidos (Tabela 1).

Procedimentos	Resultados
Abrir a apresentação de slides no PowerPoint e acionar o modo de apresentação.	A aplicação deve ser inicializada pelo PowerPoint, iniciando uma janela do Windows para visualização de legendas.
Abrir a apresentação de slides no PowerPoint e acionar o modo de apresentação, num computador sem acesso à internet.	A aplicação deve ser inicializada pelo PowerPoint, mas nenhuma janela do windows deve ser iniciada devido à falta de conexão com a internet.
Finalizar todo o processo de apresentação.	Verificar a existência da pasta na raiz do arquivo da apresentação contendo os dados da apresentação, arquivos texto e imagens dos slides.

Tabela 1 – Procedimentos e Resultados

Já os testes de assertividade têm por objetivo identificar a taxa de palavras reconhecidas com sucesso pelo motor de reconhecimento de voz (Tabela 2). Os testes de assertividade foram realizados por cinco vezes, tomando um texto único. As diferenças entre os textos referem-se aos erros cometidos.

Teste	Ruído em silêncio (10s)	Palavras ditas	Palavras reconhecidas	Palavras corretas	Palavras erradas e/ou não transcritas	Porcentagem de acerto (%)
01	-70,395 dB	60	58	56	4	93,334
02	-68,515 dB	60	57	55	5	91,667
03	-70,42 dB	60	60	58	2	96,667
04	-69,872 dB	60	59	56	4	93,334
05	-70,038 dB	60	60	57	3	95

Tabela 2 – Teste de asertividade

A medição do ruído do ambiente foi feita através da ferramenta Adobe Audition[9] que, através da funcionalidade de análise de frequência, foi possível obter a média de ruído da captura do áudio digital. A Figura 6 apresenta a análise de frequência.

Foram realizados mais cinco testes com o aumento de ruído ambiente, a fim de averiguar a porcentagem de acertos em condições distintas de ruído. A Tabela 3 apresenta a taxa de reconhecimento de voz em cada um dos testes.

[9] https://www.adobe.com/br/products/audition.html

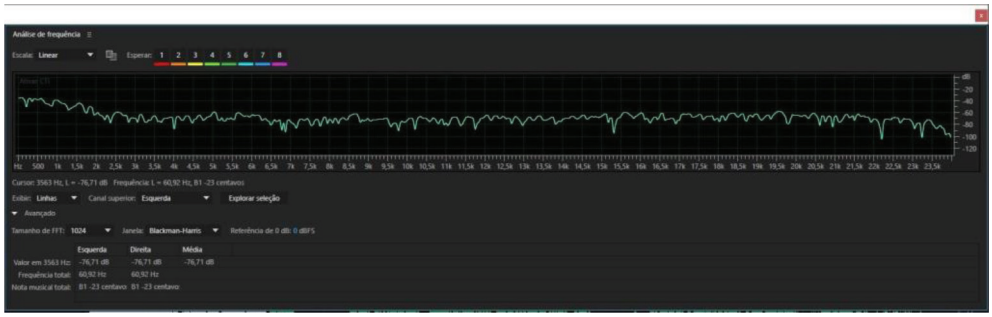


Figura 5 – Análise de frequência.

Teste	Ruído (10s)	Palavras Ditas	Palavras reconhecidas	Palavras corretas	Palavras erradas e/ou não transcritas	Porcentagem de acerto (%)
01	-59,734 dB	60	48	27	33	45
02	-57,428 dB	60	45	24	36	40
03	-59,645 dB	60	47	27	33	45
04	-58,439 dB	60	49	26	34	43,334
05	-57,894 dB	60	44	23	37	38,334

Tabela 3 – Teste de Assertividade da aplicação com maior nível de ruído

Pode-se perceber, através das Tabelas 2 e 3 que a aplicação é bastante sensível a ruído, onde o sistema de reconhecimento de voz cai de quase 95% de acerto para ficar em torno de 40%.

4.5. Testes de Usabilidade

A avaliação de usabilidade ocorreu com oito pessoas, sendo quatro ouvintes e quatro com surdez parcial.

Resultados obtidos a partir de testes com pessoas ouvintes

Os resultados obtidos nestes testes ocorreram após o grupo presenciar uma apresentação oral com a utilização da ferramenta.

O questionário (Figura 2) revelou que todos afirmaram que as legendas ajudariam em uma melhor compreensão da aula por conta do barulho (ruído sonoro) ou qualquer outro motivo; sobre a falta de pontuação no texto, uma pessoa respondeu que a falta de pontuação na legenda não permitiu o entendimento da fala por completo, já o restante disse compreender apesar disso.

Sobre o atraso da legenda, quatro respondentes afirmaram que o atraso da legenda em relação à fala do apresentador não prejudicou o entendimento, posteriormente os quatro

também expressaram a vontade de ter este sistema durante as aulas; o motivo seria, em sua maioria, a facilidade de acompanhar as falas apesar do barulho ou qualquer outro impedimento.

Na pergunta seguinte, quando os entrevistados foram questionados sobre o que mais gostaram no sistema, as respostas obtidas foram resumidas a seguir:

- Resposta 1 e 4: Facilidade de acompanhar as falas mesmo em um ambiente com muito barulho.
- Resposta 2: Ler as legendas rapidamente e escrever anotações sobre o conteúdo.
- Resposta 3: Prestar atenção nas legendas e no *slide* ao mesmo tempo, sem a necessidade de desviar a atenção para a figura do apresentador.

Quatro respondentes tiveram reações antagônicas na próxima questão (O que você menos gostou), pois responderam de forma unânime que não gostaram do atraso das legendas e da falta de pontuação.

A próxima questão sobre o quanto os entrevistados entenderam do assunto, cada um deveria dar uma nota de 0 a 10, um deles respondeu com 7, dois deles com 8 e um com 10. Já a penúltima questão abordou o quanto as palavras que podem estar erradas comprometeram o entendimento, os participantes também deveriam dar uma nota de 0 a 10, sendo 0 para "comprometeu totalmente" e 10 para "não comprometeu em nada", as respostas foram: 7, 8, 8, 9.

Por último, o questionário possuia espaços para sugestões, mas apenas dois participantes sugeriram que o pequeno atraso das legendas fosse solucionado e o restante não usou o espaço.

O questionário seguinte (Figura 3) teve como objetivo analisar o material gerado automaticamente pelo sistema após a apresentação.

Dos quatro entrevistados, todos responderam que o arquivo gerado está fácil de ler e compreender, mas três deles ressaltaram que a falta de pontuação e algumas palavras erradas dificultaram o grau de simplicidade do entendimento.

Seguindo a mesma pergunta, os quatro entrevistados responderam que a falta de pontuação prejudicou sim a forma de entender o texto, porém quando o arquivo foi lido por completo ainda era possível compreendê-lo.

Na questão seguinte todos disseram que usariam esse material de estudo caso não assistissem a aula. Ainda sobre utilidade, na próxima pergunta os quatro participantes afirmaram que usariam o material para recordar o assunto mesmo tendo assistido a aula.

A última pergunta solicitou uma nota de 0 a 10 para entender se apenas com o material gerado pelo sistema o aluno poderia compreender o que foi apresentado em sala de aula, os resultados foram as notas: 8, 8, 9, 9, sendo 0 para "o texto não ajudaria em nada" e 10 para "o texto ajudaria por completo".

Resultados obtidos com usuários parcialmente surdos

Com relação às pessoas parcialmente surdas também foram apresentados os mesmos questionários para um grupo composto por quatro integrantes.

Na primeira pergunta (Figura 2), todos os participantes afirmaram que a legenda ajudou a compreender melhor a aula. Na segunda questão, três dos participantes responderam que o problema de pontuação do texto afetou sim a compreensão, mas mesmo assim foi possível entender o contexto, apenas uma pessoa respondeu que a compreensão da legenda não foi afetada.

Na questão seguinte, os quatro participantes responderam que o atraso da legenda em relação a fala não prejudicou o entendimento (visto que eles não escutam com clareza) e também os quatro respondentes afirmaram que gostariam de ter este sistema em sala de aula, por entender que facilitaria o dia a dia nas escolas ou universidades.

Na próxima questão foi questionado a respeito do que cada participante mais gostou no sistema apresentado, as respostas foram resumidas em: assistir a mesma apresentação de pessoas sem deficiência auditiva, sem a necessidade de adaptação.

Sobre a questão do que o participantes menos gostou no sistema, as respostas foram: a falta de pontuação, algumas frases que sofrem mudanças mesmo após serem apresentadas na legenda e algumas palavras estarem erradas, todas essas desvantagens segundo os respondentes, impactaram negativamente na compreensão da fala.

Na próxima questão era necessário atribuir uma nota de 0 a 10 (não compreendeu nada a compreendeu completamente) para mostrar o quanto entendeu o assunto abordado, as notas foram: 5, 5, 7 e 8.

A penúltima pergunta visava entender o quanto as palavras que estavam erradas comprometeram o entendimento das legendas, esta pergunta também era pra ser respondida com um número de 0 a 10, as respostas foram: 5, 5, 6, 6.

A última questão foi deixada em aberta para críticas e/ou sugestões; de uma forma geral todos responderam que o sistema ajudou muito para integrar as pessoas com deficiência em apresentações, mas que haviam detalhes como a falta de pontuação, palavras erradas, mudança de frases que deveriam ser aperfeiçoados.

O próximo questionário (Figura 3) aplicado tinha como objetivo avaliar o material que o sistema gerou com as legendas.

Na primeira pergunta, os quatro participantes afirmaram que o texto não está fácil de entender, mas que lendo o contexto é possível compreender.

A próxima questão diz respeito à falta de pontuação, indagando se este problema afetou a compreensão do material, os quatro participantes afirmaram que este fato dificultou o entendimento, mas que ainda assim era possível entender.

A pergunta a seguinte questionou se o material poderia ser usado caso houvesse uma falta durante a aula, os quatro responderam que usariam com certeza.

A penúltima questão perguntou se o entrevistado poderia usar o material apenas para revisar a matéria, mesmo que estivesse presente durante a apresentação, a resposta foi positiva para todos os respondentes.

A última pergunta foi para avaliar com uma nota de 0 a 10 o quanto o material disponibilizado pelo sistema poderia ajudar o entrevistado caso o mesmo não estivesse presente na aula ou apenas desejasse revisar o assunto, as respostas foram: 6, 8, 8 e 9.

5. Conclusões

Este artigo apresentou uma ferramenta para transcrição automática de legendas em tempo real e de material de apoio em relação a uma apresentação oral com utilização de PowerPoint para apoiar pessoas com deficiências auditivas ou ouvintes.

A aplicação desenvolvida, no formato de suplemento, se mostrou uma boa ferramenta para auxiliar no processo de comunicação. Através dos testes de usabilidade realizados com pessoas ouvintes constatou-se que a ferramenta é uma boa solução de auxílio para anotações e estudo após as apresentações, devido ao material complementar gerado.

Em relação ao material gerado, este deve ser revisado antes de ser entregue aos alunos, para a correção de erros de português e palavras mal transcritas pela ferramenta. Há que existir uma checagem humana sempre. Ainda pode-se mencionar que a pronúncia das palavras deve ser a melhor possível, para diminuir a quantidade de erros de transcrição.

Quanto à avaliação de pessoas com surdez, a ferramenta, apesar de eficiente, ainda não pode ter total responsabilidade no processo de comunicação, como um intérprete de libras. As correções das legendas feitas pela ferramenta (devido à porcentagem de certeza das hipóteses geradas pelo motor de reconhecimento de voz), apesar de pequenas, comprometem o entendimento do assunto que está sendo apresentado. A utilização de palavras na locução que são de línguas distintas ao português podem gerar uma transcrição errada, comprometendo a qualidade da legenda.

A assertividade da ferramenta depende fortemente da qualidade da locução do apresentador, assim como a forma a qual a apresentação de *slides* é construída, a fim de garantir um bom entendimento ao espectador.

Para trabalhos futuros, considera-se interessante acrescentar, no sistema desenvolvido, um algoritmo de similaridade para melhorar a assertividade das frases transcritas, quebras de linha, pontuação e evitar ao máximo a troca de hipóteses nas legendas já apresentadas. Outra possibilidade interessante, seria adaptar o sistema para transcrever discursos em outros idiomas.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível superior - Brasil (CAPES) - Programa de Excelência - Proex 1133/2019.

Referências

Bess, F., & Humes, L. (2008). Audiology: The Fundamentals (Fourth edition). LWW.

Chikofsky, E. J., & Cross, J. H. (1990). Reverse engineering and design recovery: A taxonomy. IEEE Software, 7(1), 13–17. https://doi.org/10.1109/52.43044

Ghadage, Y. H., & Shelke, S. D. (2016). Speech to text conversion for multilingual languages. 2016 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP), 0236–0240. https://doi.org/10.1109/ICCSP.2016.7754130

Giangola, J., & Balogh, J. (2004). Voice User Interface Design. Addison-Wesley Professional.

Lakdawala, B., Khan, F., Khan, A., Tomar, Y., Gupta, R., & Shaikh, A. (2018). Voice to Text transcription using CMU Sphinx A mobile application for healthcare organization. 2018 Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT), 749–753. https://doi.org/10.1109/ICICCT.2018.8473305

Law-To, J., Gauvain, J.-L., Lamel, L., Grefenstette, G., Gravier, G., Despres, J., … Sébillot, P. (2011). A Scalable Video Search Engine Based on Audio Content Indexing and Topic Segmentation. CoRR, abs/1111.6265. Recuperado de http://arxiv.org/abs/1111.6265

Luqi, L., & Steigerwald, R. (1992). Rapid software prototyping. Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences, ii, 470–479 vol.2. https://doi.org/10.1109/HICSS.1992.183261

Maciel, M. (2000). Portadores de deficiência: A questão da inclusão social. São Paulo em Perspectiva, p. 51–56.

Martins, J. A. (1997). Avaliação de diferentes tecnicas para reconhecimento da fala (Universidade de Campinas). Recuperado de http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/260759

McTear, M. F. (2002). Spoken Dialogue Technology: Enabling the Conversational User Interface. ACM Comput. Surv., 34(1), 90–169. https://doi.org/10.1145/505282.505285

Nasib, A. U., Kabir, H., Ahmed, R., & Uddin, J. (2018). A Real Time Speech to Text Conversion Technique for Bengali Language. 2018 International Conference on Computer, Communication, Chemical, Material and Electronic Engineering (IC4ME2), 1–4. https://doi.org/10.1109/IC4ME2.2018.8465680

Topkara, M., Pan, S., Lai, J., Wood, S., & Boston, J. (2010). Tag me while you can: Making online recorded meetings shareable and searchable (No RC25038 (W1008-057). Recuperado de IBM Research website: https://domino.watson.ibm.com/library/cyberdig.nsf/papers/DD266A443391199F852577C4005C7794/$File/rc25038.pdf

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 16/10/2019
Aceitação/Acceptance: 23/12/2019

Modelo de conglomerados para el uso del espacio público utilizando técnicas de minería de datos

Patricia Acosta-Vargas[1], Ana Medina[1], Mario González[1]

patricia.acosta@udla.edu.ec, anagabriela.medina@udla.edu.ec, mario.gonzalez.rodriguez@udla.edu.ec

[1]Universidad de Las Américas, 170125, Quito, Ecuador

Pages: 528–539

Resumen: Las ocupaciones informales son situaciones urbanas especialmente latinoamericanas, que, a pesar de estar dentro de un marco de progreso económico, tanto la desigualdad económica como social son parte del paisaje urbano. Las principales ciudades de esta región constituyen su motor económico, requiriendo por lo tanto de una adecuada planificación urbana. Esta investigación indica un modelo del uso del espacio público para el desarrollo en términos espaciales de la planificación y diseño urbano. La investigación presenta un modelo aplicado como caso de estudio en cuatro lugares de la ciudad de Quito. La muestra de datos emplea dos técnicas de minería de datos, clustering jerárquico que permitirá visualizar de mejor manera esas situaciones urbanas informales como área de estudio para una planificación real y óptima del diseño de espacio público. Además, esta investigación puede servir de referencia en estudios futuros relacionados con el diseño urbano.

Palabras-clave: Distancia euclidiana; espacio público; clustering jerárquico; minería de datos.

Clustering model for the use of public space using data mining techniques

Abstract: Informal occupations are urban situations, especially in Latin America, which, despite being within a framework of economic progress, both economic and social inequality are part of the urban landscape. Large cities in the region are its economic engine; therefore, they require adequate urban planning. This research presents a model of the use of public space for development in spatial terms of urban planning and design. The research presents a model applied as a case study to four places in Quito, and the data sample employs two data mining techniques, euclidean distance, and hierarchical clustering, that will allow making visible those informal spatial situations for real and optimal use and design of public space. Moreover, this research can serve as a reference in future studies related to urban design.

Keywords*:* Euclidean distance; public space; hierarchical clustering; data mining.

1. Introducción

La mayor parte de la población mundial trabaja en el sector informal, siendo en cifras, aproximadamente 2 billones de trabajadores, 85% de los cuales se encuentra en el sector de unidad económica (*Tackling Vulnerability in the Informal Economy*, 2019). Además, la OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) estima que, de este porcentaje, la mayor parte se encuentra en el sector informal de producción, comercio y ventas (*Tackling Vulnerability in the Informal Economy*, 2019). Estos datos demuestran que la ciudad informal sostiene a la ciudad formal, convirtiéndose en un rol esencial para la transformación de las ciudades contemporáneas, y al mismo tiempo siendo ejemplificadas como motores de oportunidades en el desarrollo de planes y diseño urbano hacia la movilidad económica y social.

Las ocupaciones informales, el tráfico de tierras y las invasiones, son situaciones urbanas, especialmente en Latinoamérica (Clichevsky, 2006), que nos recuerdan que, a pesar de estar dentro de un marco de desarrollo económico, tanto la desigualdad económica como social son endémicas en el espacio urbano. Por ello, varios gobiernos locales han querido deshacerse o hacer invisibles a estos espacios irregulares e informales, expulsándolos a la periferia o a sitios de difícil o acceso limitado. Esta situación contrasta con el proceso en el que Latinoamérica se ha encontrado en las últimas décadas como la región de mayor crecimiento urbano en el mundo, traduciéndose en que sus ciudades son el motor económico de la región. Es así que las diez ciudades más grandes de esta región representan la mitad de la producción económica, proyectando su crecimiento hacia el 2025 (Hernández, Kellett, Allen, & Allen, 2010).

De esta manera, ningún análisis que se haga con relación a la ciudad Latinoamericana contemporánea está completa si no se contempla ni referencia al sector informal. La observación y el análisis de estas actividades no solo producirán un mejor entendimiento de la imagen de la ciudad, y consecuentemente de su sociedad, sino que también contribuirá a la apreciación adecuada de los principios sociales universales que deberían aplicarse en términos espaciales, la planificación y diseño urbanos. Al ser el sector comercial informal el más grande en las ciudades latinoamericanas, estas actividades se desarrollan principalmente en el espacio público. Por este motivo, este trabajo realiza una primera aproximación a las actividades informales en la ciudad de Quito, determinando cuatro puntos de ocupación informal que han sido intensificados en los últimos años, en parte como consecuencia de las crisis económicas tanto del Ecuador como de países vecinos.

El análisis de datos permite plantear nuevos retos cuando se trata de identificar patrones, detectar normas y fenómenos en el contexto de la ciudad. El análisis de datos con soluciones de data mining aplicados en esta investigación presenta un enfoque significativo para mejorar las experiencias de la ciudad, la calidad de vida y la distribución de los espacios públicos (Moustaka, Vakali, & Anthopoulos, 2018).

El resto del artículo se estructura de la siguiente manera: en la sección 2 se presenta la revisión de la literatura de la ciudad informal sobre la planificación urbana, en la sección 3 se presenta el método y los casos de estudio, en la sección 4 los resultados y la discusión, y finalmente en la sección 5 se incluyen las conclusiones y la investigación futura.

2. Revisión de la Literatura

El crecimiento de las ocupaciones informales es un fenómeno global vinculado con el crecimiento de los centros urbanos. Aproximadamente un 25% de la población mundial en centros urbanos vive en ocupaciones informales, con 213 millones de personas residentes en estos sitios desde 1990 (UN-Habitat, 2013). Se considera a las ocupaciones informales como áreas donde los habitantes no tienen seguridad de tenencia de la tierra o las viviendas en las que viven, y que tampoco cuentan con todos los servicios básicos y la infraestructura de la ciudad (UN-Habitat, 2015). Varios factores han llevado a la masiva construcción de estas ocupaciones: crecimiento poblacional, migración rural a ciudades, ausencia de vivienda social, gobernabilidad corrupta, falta de planeamiento y gestión urbana, desplazamiento causado por conflictos, desastres naturales y cambio climático (UN-Habitat, 2015). Sin embargo, elementos de la forma urbana como áreas construidas y no construidas, densidad urbana, infraestructura ambiental, y la red viaria (calles), no son incluidas en la definición de informalidad; no por la falta de interés, sino por la falta de datos. En este sentido, es de conocimiento general que, sin una red viaria, la provisión de servicios básicos es virtualmente imposible. Por ello, (UN-Habitat, 2013), incluye a la red viaria como espacio público asociado a la prosperidad urbana.

En ese mismo reporte (UN-Habitat, 2013), se indica en relación con las ciudades informales latinoamericanas, como centros urbanos carecientes de espacios públicos, tanto en cantidad como en calidad. Además, el reporte identifica que estos espacios son inadecuados y deteriorados, donde el sistema de transporte es pobre y no existe el suficiente equipamiento urbano ni infraestructura para movilidad de peatones y ciclistas. Por otro lado, Sorkin alude a la muerte del espacio público mediante otros fenómenos urbanos contemporáneos como la privatización de estos espacios (Sorkin, 1992), como son los centros comerciales, convirtiéndolos en pseudo-espacios públicos (Bryman, 2004). Es en estos entornos en donde la informalidad ocupa de manera temporal, esos espacios que no llegan a ser tomados en cuenta totalmente como públicos, sino como residuos urbanos (Roy, 2005). Dentro del espectro de estos residuos urbanos que actúan como espacio público informal, hay una gran variedad de situaciones que se consideran como tal y que forman parte del crecimiento urbano como producción de la ciudad (Lefebvre & Nicholson-Smith, 1991).

Hay una gran cantidad de investigaciones que han intentado analizar métodos alternativos de segregación al momento de compartir el espacio público de una ciudad, especialmente la Chicago School of Urban Sociology desde la primera mitad del siglo XX. Esta escuela examinó el desarrollo y cambio del comportamiento humano en el espacio físico y social (Wirth, 1938). De la misma manera, Wirth sostiene que mientras que la ciudad es el "lugar del urbanismo", la vida urbana ya no está delimitada por la entidad física. Ya no debe considerarse al urbanismo como un proceso en el que los habitantes están vinculados a un lugar, sino como un sistema amplio de relaciones que derivan de ciertas variables que determinan esas condiciones urbanas para interactuar entre sí. Estos aspectos son importantes para entender la categoría de ocupación informal en el espacio público.

La noción de informalidad en la ciudad fue establecida como una alternativa al funcionalismo urbano propuesto en el CIAM (*Congrès Internationaux d'Architecture*

Moderne) por parte del TEAM X[1], a inicios de 1960s. Durante esta década, varios académicos observaron el rápido crecimiento urbano y esparcimiento de espacios informales, contrario a los paradigmas indicados en el urbanismo clásico de la época (Lefebvre & Nicholson-Smith, 1991). El TEAM X, indicó la importancia de tomar en cuenta algunos aspectos negados por el funcionalismo del Movimiento Moderno, incluyendo la auto-organización, diseño abierto y flexible, y espacios espontáneos para el medio local. Asimismo, Jane Jacobs (Jacobs, 1961) plantea la idea de que el lugar no es definido por el espacio arquitectónico o urbano, sino como un espacio de experiencias y habitabilidad. En la investigación empírica elaborada por Jacobs, se redescubren los conceptos de barrio y espacio compartido en las calles, como una construcción hacia la colectividad basada en usos informales. En este sentido, Turner realizó un estudio en Perú a inicios de la década de los 60, enfocándose en las "barriadas" (Turner, 1978). El análisis de Turner enmarcó los cambios y formas de los distritos informales como procesos incluidos en la estructura urbana. Uno de los puntos más significativos de su estudio fue el de identificar el potencial de las ocupaciones informales y su aceptación como posibles alternativas al problema de habitabilidad. En su libro "*Housing by People*", Turner realiza una crítica a los modos tradicionales de habitar, caracterizados por una deficiente flexibilidad, y que hasta cierto punto se puede relacionar con lo que Mike Davis define como "ilusiones de autoayuda" (*illusions of self-help*) (Davis, 2006).

Sin duda, el planeamiento urbano que no converge con la informalidad, la separa y la condiciona como una transformación ilegal que contrasta con las formas tradicionales de planeamiento y diseño, ignorando el sistema complejo de las dinámicas entre lo formal e informal (Castillo, 2001). De la misma manera, la revista "Harvard Design Magazine" incluyó al diseño como un elemento importante en la calidad de vida de las ciudades informales (Saunders, 2008), por lo que es esencial realizar una observación, estudio y análisis sobre la informalidad en los espacios públicos. Es así que, en esta investigación, se ha desarrollado en una primera instancia la observación de esos espacios informales y una exploración de los datos recogidos para argumentar de mejor manera, posibles prácticas y metodologías de diseño arquitectónico y urbano hacia la mejora de calidad de vida de sus habitantes.

3. Método, Técnica y Caso de estudio

En esta investigación se aplicó un método que permite aplicar un modelo predictivo que consiste en seis fases, incluyendo dos técnicas para la minería de datos (i) euclidean distance (distancia euclidiana) y (ii) hierarchical clustering (grupo jerárquico). En la recolección de datos se utilizó el método de observación y conteo en diferentes horas (Torres, M., Paz, K., & Salazar, 2006) con 10 usuarios con una frecuencia de 16 veces. La selección de los casos de estudio se basó en la observación de ocupaciones informales temporales en una infraestructura urbana formal (Amin, 2014). En ese proceso de investigación, ha sido posible determinar 4 lugares en Quito que cumplen con estos parámetros de función y uso: Puente del Guambra, escalinatas de Guápulo, Plaza de Sangolquí y la estación del metro de Jipijapa.

[1] TEAM X fue un grupo de arquitectos que formaron parte de los congresos CIAM desde 1953, en los cuales impartían y reflexionaban doctrinas del urbanismo hacia la ciudad futura.

3.1. Método

Los investigadores aplicamos la minería o exploración de datos que consiste en un proceso de minería de datos (Sivakumar, 2017), (Moustaka et al., 2018) que consta de seis fases descritas en la Figura 1.

Fase 1: Clasificación del conjunto de datos, en esta fase utilizamos 21 variables, de tipo objetivo es decir aquella que ayudarían a predecir, a calcular e inferir. También aplicamos variables independientes.

Fase 2: Observación de las propiedades de los datos, en esta fase es importante identificar la presencia de valores atípicos y ausencia de datos con valores nulos.

Fase 3: Preprocesamiento de datos, en esta fase se aplica la transformación del conjunto de datos de entrada con el objetivo de prepararlo para aplicar la técnica de minería de datos que mejor se adapte al problema.

Fase 4: Elección y aplicación de la técnica de minería de datos, en esta fase construimos el modelo, de clasificación o segmentación para aplicar a una técnica de minería de datos.

Fase 5: Extracción de conocimiento, en esta fase se aplica una técnica de minería de datos que permita obtener un modelo de conocimiento, que represente patrones de comportamiento observados en los valores de las variables al relacionarlas y asociarlas entre dichas variables.

Fase 6: Interpretación y valoración de datos, finalmente, en esta fase una vez conseguido el modelo, se procede a la validación comprobando que las soluciones que arroja son auténticas y satisfactorias.



Figura 1 – Proceso de minería de datos

3.2. Técnica

En esta investigación aplicamos dos técnicas de minería de datos: La primera técnica es la distancia euclidiana o euclídea (Danielsson, 1980), es la distancia "ordinaria" entre dos puntos de un espacio euclídeo, la cual se deduce a partir del teorema de Pitágoras.

La distancia euclidiana se trata de una función no negativa que permite calcular la distancia entre dos puntos, primero en el plano y luego en el espacio. La segunda técnica es la hierarchical clustering (grupo jerárquico) (Johnson, 1967) que es un método de análisis de grupos puntuales. El agrupamiento puede ser (i) aglomerativo, en donde cada observación comienza en su propio grupo, y los pares de grupos son mezclados mientras uno sube en la jerarquía. (ii) Divisivo, en donde todas las observaciones comienzan en un grupo, y se realizan divisiones mientras uno baja en la jerarquía. Los agrupamientos jerárquicos son presentados en dendrogramas. Con la data obtenida se aplicó el método y las técnicas de minería de datos para desarrollar una aplicación web con Python y Shiny como modelo predictivo para el uso del espacio público.

3.3. Caso de estudio

Los lugares para este caso de estudio fueron seleccionados después de la fase de observación que tomó tres meses, en el cual los indicadores predominantes fueron la ocupación informal del espacio público en la infraestructura urbana oficial, la diversidad con respecto a las actividades realizadas; con un mínimo 3 actividades distintas; y la temporalidad de la ocupación. La infraestructura en el Puente del Guambra localizada, entre la Av. 10 de agosto y Av. Patria, por el paso a desnivel vehicular en dos direcciones que involucra las dos avenidas principales de la ciudad, en la Jipijapa se proyecta la ubicación de la segunda parada del metro. En Guápulo se encuentran dos avenidas que conectaban tradicionalmente el oriente del país con la capital comprendida entre el "Camino de Orellana" y Av. De los Conquistadores. Finalmente, en Sangolquí se encuentra el mercado que sirve como centro de intercambio comercial del cantón Rumiñahui. De esta manera, observamos que la planificación e infraestructura urbana existente no se ajusta a los factores ni necesidades dinámicas urbanas actuales. La figura 2 muestra los lugares en los cuales se aplicó este caso de estudio.

En esta situación, es preciso identificar cuáles son las acciones económicas informales que determinan las dinámicas cotidianas en la ciudad de Quito. En la academia, parece haber un consenso que determina que la informalidad económica no es "parte de los reglamentos y normativas institucionales establecidas o que su protección es negada"; también se incluye que "todas las actividades remuneradas no son reguladas por el estado en ambientes sociales que si son regulados" (Fernández-Kelly & Shefner, 2006). Motivo por el cual, es necesario realizar una distinción entre informal e ilegal ya que cada una de estas actividades posee características distintivas entre sí. Las actividades ilegales envuelven una producción y comercialización de bienes que son definidos por la sociedad como ilícitos, mientras que las actividades informales, en su mayoría, comercia con bienes lícitos. Así, se establece que la principal diferencia entre formal e informal no reside en la naturaleza del producto, sino en los medios en el cual es producido y/o comercializado.

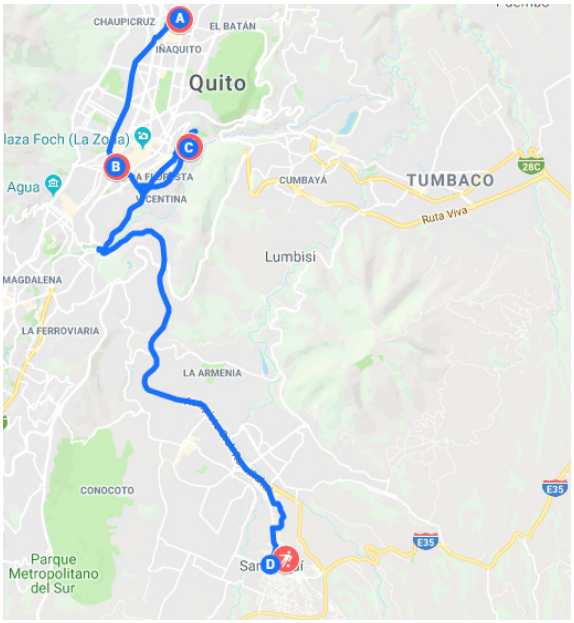


Figura 2 – Mapa de los lugares aplicados en el estudio

Con estos parámetros, se localizaron cuatro lugares en Quito en los cuales la actividad informal es intensa y diversa, después de una observación continua por tres meses. Estos espacios cuentan con una alta diversidad de comercio informal, así como formal e incluso ilegal, y que tienen la particularidad de encontrarse ubicados en infraestructuras urbanas. Para entender las dinámicas de estas acciones y su influencia en la estructura formal de la ciudad, ha sido necesario realizar una recolección de datos y posteriormente, visualizarlos. Es así que, en esta investigación se propone hacer un análisis a partir de la observación, catalogación y visualización de actividades comerciales formales, informales e ilegales en los cuatro lugares seleccionados. Esta visualización de datos sobre el movimiento de personas se ha realizado en otras ciudades, siendo Londres la precursora de esta herramienta, pero rápidamente adaptada y utilizada en masa por muchas otras ciudades como Beijín, Madrid, Tokio, Hong Kong, etc., (Temerton, 2015), (Mozur, 2018), (Zhang & Long, 2019). Sin embargo, en Quito, el rastreo visual no se ha realizado sobre las actividades informales.

4. Resultados y Discusión

En la Figura 3, sección izquierda se muestra un dendograma que es una representación gráfica en forma de árbol que organiza los datos en subcategorías que se van dividiendo en otros hasta llegar al nivel de detalle deseado, en este caso llegamos hasta el nivel 3.

En la Figura 3, sección derecha la relación que se observa es que tanto los casos del Puente del Guambra como Sangolquí presentan una independencia de factores espaciales con respecto al de actividades. En estos dos casos, las actividades comerciales, tanto formales

como informales, indican un alto rango de intensidad y diversidad con respecto al área de influencia, además de la continuidad en el tiempo. En el caso del Puente del Guambra, la temporalidad es constante de lunes a viernes, entre las 7:00-19:00; mientras que en Sangolquí, la intensidad es más puntual, pero de la misma manera continua, siendo el rango más alto, los días jueves y domingo.

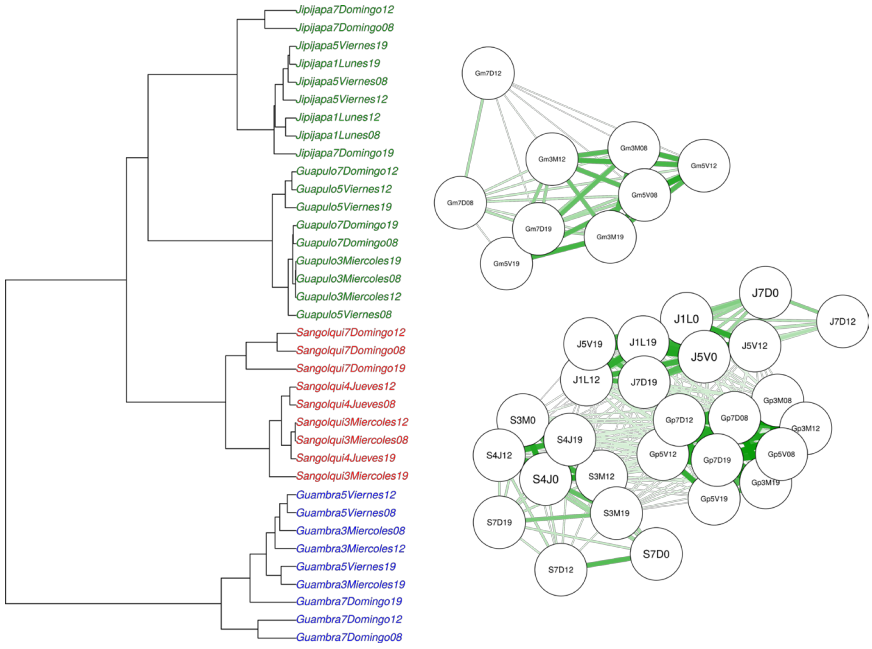


Figura 3 – Relación entre variables

La distancia observada se ha medido entre cada pareja de observación, lugar, día y hora. En este caso se logró medir la distancia entre cada pareja de la observación con las 93 variables. Con lo cual se obtuvo una matriz de distancia de 36 por 36 con lo cual se construyó el dendograma y la red que se muestra a la derecha de la figura 2.

Por otro lado, Jipijapa y Guápulo, esa diversidad en las actividades tanto formales como informales es más homogénea y en menor intensidad. Podemos decir en este caso que la topografía, cualidades espaciales y densidad no influyen en esa intensidad urbana, ya que Jipijapa está ubicado en el centro norte de Quito, a una distancia corta (500m) del distrito financiero y el segundo parque público urbano, La Carolina, que tiene una topografía muy regular (plana). Mientras tanto Guápulo, está ubicado en la quebrada que lleva el mismo nombre, en la parte oriental de la ciudad, conectada por dos avenidas principales entre oriente y centro de la ciudad (Av. De los Conquistadores y Camino de Orellana) y en donde el uso de suelo predomina el residencial pero también existe institucional (Universidad SEK; Iglesia de Guápulo), industrial (varias fábricas y talleres), y comercial (bares, restaurantes, mercado). En Guápulo y Jipijapa a diferencia de Sangolquí y Puente del Guambra, las actividades informales son mucho menores,

lo cual se presenta como uno de los indicadores directos en la intensidad y dinámicas urbanas. La Tabla 1 presenta una extracción aleatoria de 12 registros y 6 campos utilizados, de un total de 36 registros y 93 variables.

Lugar	Día	Hora	Uso de suelo Comercial	Cantidad de espacio público: Aceras	Personas
Sangolquí	Miércoles	12:00	62	23	80
Sangolquí	Jueves	12:00	62	23	344
Sangolquí	Domingo	8:00	62	23	1825
Jipijapa	Lunes	8:00	115	121	280
Jipijapa	Lunes	12:00	115	121	156
Jipijapa	Viernes	12:00	115	121	198
Guambra	Miércoles	12:00	671	214	1540
Guambra	Viernes	12:00	671	214	1140
Guambra	Domingo	12:00	671	214	1416
Guápulo	Miércoles	12:00	25	87	86
Guápulo	Viernes	12:00	25	87	109
Guápulo	Domingo	12:00	25	87	60

Tabla 1 – Extracción aleatoria de una muestra de 6 variables de un total de 93

En la figura 4 en la sección superior se observa que, con relación al mayor uso del suelo, el Puente del Guambra tiene un uso del suelo comercial superior a las otras tres localidades.

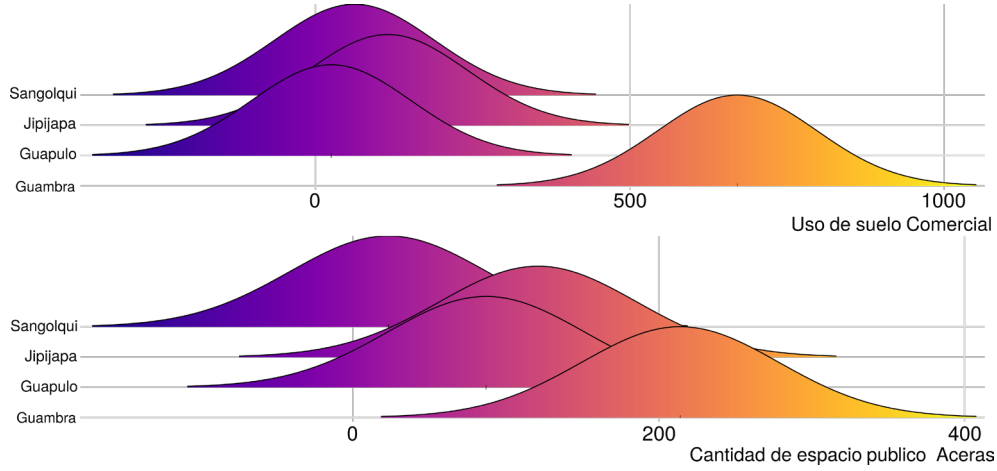


Figura 4 – Relación entre uso de suelo y uso de la acera

En cuanto a la cantidad de espacio público aceras se observa que el Puente del Guambra tiene un uso de aceras mayor a las otras localidades, Guápulo y Jipijapa tiene un uso

similar de aceras, menor al Puente del Guambra y mayor a Sangolquí, el que tiene menor uso de aceras es Sangolquí.

En la figura 5 se observa que la asistencia de personas de manera general es superior en la localidad del Puente del Guambra, exceptuando en los domingos en la localidad de Sangolquí porque se lleva a efecto una feria de tal forma que se logra una mayor afluencia de las personas.

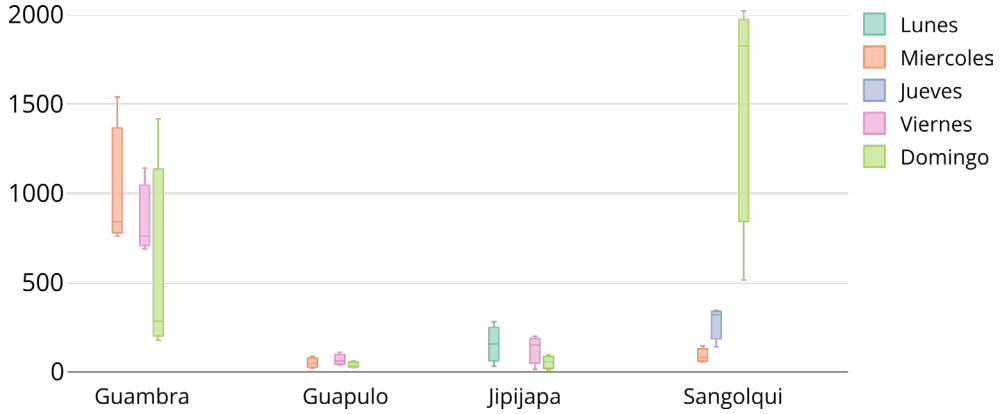


Figura 5 – Relación entre la variable personas

Guápulo y Jipijapa son las que menor afluencia de personas tienen., pues no dependen de la localidad o de la cantidad de personas alrededor porque son centros urbanos. El Puente del Guambra es el que más afluencia de personas tiene en los diferentes días de la semana a excepción de Sangolquí el domingo que la afluencia puede ser mayor. De manera general el Puente del Guambra es el que mayor afluencia de personas tiene. El análisis presentado en este trabajo puede explotarse en la aplicación web[2], además, incluimos el dataset con todas las variables para la réplica la misma que está disponible en el repositorio de Mendeley[3].

5. Conclusiones y Trabajos Futuros

Con esta investigación podemos concluir que la minería de datos con el método y las técnicas aplicadas son herramientas esenciales y de alto valor para analizar oportunamente el comportamiento y el mejor uso del espacio público. Las iteraciones identificadas en el análisis fueron de mucha utilidad para conocer aspectos claves del problema. Sugerimos recurrir a estas técnicas de minería de datos para tomar decisiones estratégicas y oportunas. La aplicación desarrollada en R-Shiny puede ser reutilizada con otros datos para visualizar y analizar comportamientos en estudios relacionados con el diseño y la planificación urbana. Como trabajos futuros sugerimos probar las técnicas de minería de datos para anticipar, advertir y atenuar las dinámicas del actual crecimiento

[2] https://msgonzalez.shinyapps.io/qplaces/
[3] http://dx.doi.org/10.17632/37879d2mj3.1

de las grandes ciudades, de tal forma que se pueda incluso predecir el impacto ambiental en relación con la informalidad en el espacio público. Este estudio puede ser una guía para un diseño justo de espacios públicos, en ciudades latinoamericanas, garantizando a los ciudadanos una mejor calidad de vida. Sugerimos que los datos sean abiertos porque pueden aportar en los procesos de investigación para identificar y correlacionar las variables que estimulan el dinamismo de una ciudad.

Referencias

Amin, A. (2014). Lively Infrastructure. *Theory, Culture & Society*, *31*, 7–8. https://doi.org/doi.org/10.1177/0263276414548490

Bryman, A. (2004). The Disneyization of Society. London: Sage.

Castillo, J. (2001). Urbanism of the informal transformation in the urban fringe of Mexico City. *Praxis: J Writ Build*, *2*(1), 102–111.

Clichevsky, N. (2006). Regularizando la Informalidad del Suelo en América Latina y el Caribe. Una Evaluación sobre la Base de 13 países y 71 programas. *Cepal, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, Serie Manuales*, (50), 1–215. Retrieved from https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5615/S0600005_es.pdf?sequence=1

Danielsson, P. E. (1980). Euclidean distance mapping. *Computer Graphics and Image Processing*, *14*(3), 227–248.

Davis, M. (2006). Planet of slums. *New Perspectives Quarterly*, *23*(2), 6–11.

Fernández-Kelly, P., & Shefner, J. (2006). *Out of the shadows: political action and the informal economy in Latin America*. Penn State Press.

Hernández, F., Kellett, P. W., Allen, L. K., & Allen, L. K. (2010). *Rethinking the informal city: critical perspectives from Latin America* (Vol. 11). Berghahn Books.

Jacobs, J. (1961). *The Death and Life of Great American Cities*. Toronto: Random House.

Johnson, S. C. (1967). Hierarchical clustering schemes. *Psychometrika*, *32*(3), 241–254.

Lefebvre, H., & Nicholson-Smith, D. (1991). *The production of space*. Blackwell: Oxford.

Moustaka, V., Vakali, A., & Anthopoulos, L. G. (2018). A Systematic Review for Smart City Data Analytics. *ACM Comput. Surv.*, *51*(5), 103:1--103:41. https://doi.org/10.1145/3239566

Mozur, P. (2018). Inside China's Dystopian Dreams: A.I. Shame and Lots of Cameras. *New York Times*. Retrieved from https://www.nytimes.com/2018/07/08/business/china-surveillance-technology.html

Roy, A. (2005). Urban informality: toward an epistemology of planning. *Journal of the American Planning Association*, *71*(2), 147–158.

Saunders, W. (2008). Can designers improve life in non-formal cities? *Harvard Design Magazine*, *28*.

Sivakumar, A. (2017). A Survey on Data Preprocessing Techniques for Bioinformatics and Web Usage Mining. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, *117*(20), 785–794.

Sorkin, M. (1992). Variations on a Theme Park: The New American City and the End of Public Space. New York : Hill and Wang, a division of Farrar, Straus and Giroux.

Tackling Vulnerability in the Informal Economy. (2019). OECD. https://doi.org/10.1787/939b7bcd-en

Temerton, J. (2015). One nation under CCTV: the future of automated surveillance. *Wired*. Retrieved from https://www.wired.co.uk/article/one-nation-under-cctv

Torres, M., Paz, K., & Salazar, F. G. (2006). Métodos de recolección de datos para una investigación. *Rev. Electrónica Ingeniería*, *3*, 12–20.

Turner, J. (1978). *L'abitare autogestito*. Milano: Jaca Book.

UN-Habitat. (2013). Streets as Public Spaces and Drivers of Urban Prosperity, 126–128. Retrieved from https://lsecities.net/archives/un-habitat-launches-new-publication-streets-as-public-spaces-and-drivers-of-urban-prosperity/

UN-Habitat. (2015). Habitat III Issued Papers. Informal Settlements. New York: UN-Habitat.

Wirth, L. (1938). Urbanism as a Way of Life. American journal of sociology. *American Journal of Sociology*, *44*(1), 1–24.

Zhang, Z. X., & Long, Y. (2019). Application of Wearable Cameras in Studying Individual Behaviors in Built Environments. *Landscape Architecture Frontiers*, *7*(2), 22–37.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 26/09/2019
Aceitação/Acceptance: 05/11/2019

Generación de un modelo de predicción espacial de la deforestación en la jurisdicción de Corpochivor para el periodo 2017-2047 basado en mapas de cobertura y análisis de variables espaciales con Dinamica EGO

Harvey Vallejo[1], Javier Medina[2]

whvallejoa@correo.udistrital.edu.co, rmedina@udistrital.edu.co

[1-2] Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones-Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Carrera 7 No. 40B - 53, 110231, Bogotá D.C., Colombia.

Pages: 540–552

Resumen: La deforestación de zonas boscosas es un problema que afecta al mundo entero. El objetivo de este artículo es plantear un modelo de predicción espacial de cambio de uso del bosque basado en el análisis de agentes y drivers en zonas de piedemonte y haciendo uso del software Dinamica EGO, este artículo se presenta de la siguiente manera, en la primera parte se abordan los conceptos matemáticos y la segunda parte se presenta el diseño metodológico el cual es una propuesta a partir de un enfoque diferente, correspondiente a un análisis desde el territorio y hacía el nivel regional. Abordar la deforestación desde esta perspectiva lleva a la implementación de un modelo inicial basado en datos históricos evaluados estadísticamente y cuyos resultados se muestran de forma paralela a lo largo del artículo. Una vez delimitadas las variables y componentes se estructura el modelo definitivo de predicción y se generan los escenarios futuros de paisaje de los cuales se muestra dos periodos (2019-2044) a modo comparativo que permite evidenciar la tendencia identificada en la zona de estudio.

Palabras-clave: Deforestación; simulación; predicción; paisaje; pesos de evidencia.

Generation of a spatial prediction model of deforestation in the jurisdiction of Corpochivor for the 2017-2047 period based on coverage maps and analysis of spatial variables with Dinamica EGO

Abstract: Deforestation of forested areas is a problem that affects the entire world. The objective of this article is to propose a spatial prediction model of forest use change based on the analysis of agents and drivers in areas of piedmont and using Dinamica EGO software, this article is presented as follows, in the first The mathematical concepts are addressed in part and the second part presents the methodological design which is a proposal based on a different approach, corresponding to an analysis from the territory and towards the regional level.

Addressing deforestation from this perspective leads to the implementation of an initial model based on statistically evaluated historical data and whose results are shown in parallel throughout the article. Once the variables and components are delimited, the definitive prediction model is structured and future landscape scenarios are generated, of which two periods (2019-2044) are shown in a comparative way that shows the trend identified in the study area.

***Keywords**:* Deforestation; simulation; prediction; landscape; Weights of evidence.

1. Introducción

En la investigación desarrollada por (García, 2014), los modelos planteados tradicionalmente para el estudio de los fenómenos asociados a bosques en Colombia ahondan en las causas de la deforestación a nivel regional y analiza hasta qué punto las políticas forestales existentes en el país son adecuadas para lograr una deforestación neta cero y qué otros mecanismos son necesarios para evitar mayor pérdida de cobertura boscosa en nuestro país, sin embargo, el presente el diseño metodológico es una propuesta a partir de un enfoque diferente, correspondiente a un análisis desde el territorio y hacía el nivel regional.

El objetivo de este trabajo es generar un modelo de predicción espacial de la deforestación en la jurisdicción de Corpochivor que permita establecer el comportamiento de este proceso para el periodo 2017 – 2047 a partir de técnicas de simulación de la dinámica ambiental del bosque, tomando como insumos los datos históricos de coberturas, agentes y motores predominantes en la región representados por la distancia a zonas de No Bosque, distancia a centros poblados, distancia a polígonos de explotación minera, distancia a vías, pendiente del terreno y Modelo Digital de Elevación (DEM) , con software Dinamica EGO.

Dinamica EGO es una plataforma de modelado ambiental de uso libre que permite el diseño un sinfín de modelos, desde elaboraciones sencillas hasta modelos mucho más complejos que involucran características espacio-temporales.

El sustento técnico derivado del análisis estadístico al que está sujeta la realización del modelo permitirá asegurar un nivel significativo de confianza en los datos que se generarán a partir del mismo y de igual manera permitirán aportar al conocimiento relacionado con la aplicación de las ciencias de la información y para el caso particular la geomática a la solución a de problemas del contexto cotidiano.

De otro lado es importante mencionar, que en los aspectos económico y social la generación del modelo y más puntualmente de su componente espacial permitirán identificar la localización de los escenarios y actores que se relacionan de forma directa con los procesos de conflicto de uso del suelo, brindando la oportunidad de crear programas y proyectos que mejorar la producción sostenible sin impactar los relictos boscosos a partir de políticas de incentivos y retribución por servicios ambientales.

Los resultados del trabajo incluyen de un lado el modelo generado con la parametrización del mismo, el nivel de ajuste de la predicción obtenida tras la implementación del modelo obtenido por dos métodos de evaluación y los escenarios de paisajes boscosos proyectados a 2047 en los que muestra que de continuar con el ritmo actual de desforestación el área

de estudio perderá cerca del 50% de la cobertura actual existente el final del periodo analizado.

2. Dinámica de los cambios de cobertura

Las actividades agroforestales son una de las muchas manifestaciones de las interacciones que existen entre el ser humano y la naturaleza (Osorio, 2015). A través de estas prácticas se transforma el paisaje, y con ello, la diversidad biológica que contiene. Estas transformaciones antropogénicas tienen un impacto sobre la disponibilidad de recursos naturales (productos y servicios, incluyendo la biodiversidad), la cual, a su vez, influye en las posibilidades que tiene cualquier comunidad humana para desarrollarse (Ploeg, 2008). El grado de las transformaciones depende de la organización socio-política de una sociedad, de la tecnología con que cuenta (Bifani, 1997), así como de las características específicas (ecológicas y ambientales), de los recursos naturales (Ploeg, 2008).

Para entender de manera precisa los procesos de cambio en la cobertura vegetal y el uso del suelo se realizan estudios a escala regional y local (Boyd y Foody, 2011). Un análisis a estos niveles puede generar conocimientos sobre los procesos de cambio de uso de suelo y deforestación (Bocco y col., 2001; Perez-Verdin y col., 2009; Yiran y col., 2012).

3. Modelo de predicción espacial de la deforestación.

La creación de un modelo que permita predecir el comportamiento de la deforestación en la jurisdicción de Corpochivor mediante el uso de un mapa de probabilidad de pesos evidencia implica inicialmente el análisis de la tasa de deforestación histórica a través de matrices de transición, luego se establecen los pesos de evidencia, se procede a generar el mapa de probabilidad para finalmente construir el modelo.

3.1. Matriz de Transición

Corresponde a la matriz que representa los valores de cambio en la extensión de una determinada cobertura en un periodo de tiempo determinado. Para un análisis multitemporal se pueden calcular dos tipos de matrices de transición, la matriz de un solo paso que relaciona la tasa de cambio para el periodo de interés completo y de otro lado está la matriz de múltiples pasos que discrimina la tasa para un periodo determinado por el número de unidades en que el periodo completo se divida (días, meses, años, etc.) (Soares-Filho, 2002).

3.2. Pesos de Evidencia

El método de pesos de evidencia es un análisis de cambios tiene como objetivo seleccionar las variables más importantes y cuantificar sus influencias en cada tipo de transición. Agterberg y BonhamCarter (1990) presentan una extensión de este método a mapas de tonos de gris (por ejemplo, un mapa de distancias a la carretera), definiendo intervalos para estos mapas.

La probabilidad de ocurrencia de un evento (D), como un cambio en la cobertura terrestre, dado un mapa binario que define la presencia o ausencia de un patrón geográfico

(*B*), como un tipo de suelo, puede expresarse mediante el condicional o probabilidad posterior ecuación (1). Esto se determina midiendo el número de ocurrencias de (*D*) - generalmente, el número de celdas (*D*) en un mapa raster se cruza con el patrón binario, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$P\{D \cap B\} = \frac{(D \cap B)}{D} \qquad \textit{Ecuación 1}$$

Y la fracción de área ocupada por (*B*) con respecto al total del área de estudio (*A*), así:

$$P\{B\} = \frac{B}{A} \qquad \textit{Ecuación 2}$$

Para modelar fenómenos de transición, en donde en donde (D) corresponde a un cambio de la clase *i* a la clase *j,* como la deforestación es necesario introducir algunos elementos adicionales a las ecuaciones anteriores. Primero, en lugar de que el área total de estudio este ocupada por la clase (*i*) antes de que se realicen los cambios de *i* a *j*, por ejemplo, la antigua área de bosque, ya que la deforestación solo puede ocurrir en un paisaje boscoso. Segundo, cuando nos enfocamos en determinar la influencia de un conjunto de patrones espaciales en una transición modelada, podemos asumir que P{D} es igual a 1. Partiendo del hecho que la probabilidad previa de una transición es equivalente a su tasa de transición, es decir, usando el ejemplo de deforestación, la tasa neta de deforestación calculada dividiendo el número de celdas de deforestación por la cantidad de celdas forestales antes de la deforestación Agterberg y Bonham-Carter (1990).

Teniendo en cuenta lo anterior, si se reemplazan los radios de probabilidad por

$$P\frac{\{D|B\}}{1-P\{D|B\}} \qquad \textit{Ecuación 3}$$

nos lleva a que la post-probabilidad de transición *i* a *j,* está dada por una combinación particular de patrones espaciales para una determinada localización *(x, y),* así:

$$P\{i \rightarrow j|B \cap C \cap D \cap \ldots \cap N\} = \frac{e^{\sum W^+}}{1+e^{\sum W^+}} \qquad \textit{Ecuación 4}$$

Esta ecuación hace que el uso del análisis de superposición sea muy conveniente para derivar mapas de favorabilidad para una transición de *i* a *j*. De hecho, el método de Pesos de evidencia se implementa fácilmente mediante mapas de tabulación cruzada, considerando que cada ubicación *(x, y)* representa un conjunto único de clases de mapas de entrada superpuestas.

3.3. Mapa de probabilidad basado en pesos de evidencia

El método calcula la probabilidad de detectar un evento cierto, que puede estar dado por un cambio de uso del suelo, por ejemplo, cambio de uso del suelo de agricultura a

un área construida en relación a la evidencia potencial (proximidad a un centro urbano, vías, ríos, etc.) a menudo llamados agentes de cambio (Murayama, 2012).

Los mapas de probabilidad de transición espacial representan la probabilidad de que una celda en la posición (x, y) cambie del estado *i* al estado *j*. Las probabilidades de transición espacial se calculan para cada celda en el mapa raster de paisaje y para cada transición especificada. Dinamica emplea el método de pesos de evidencia, que utiliza una ecuación logística polimórfica general para seleccionar las áreas más favorables para cada tipo de transición. Los cálculos se realizan haciendo uso de las variables espaciales de entrada (GUO, 2015).

$$P\{i \rightarrow j | A \cap B \cap C \cap D \cap \ldots \cap N\} = \frac{\sum_e W^+}{\sum_{1+e} W^+} \qquad \textit{Ecuación 5}$$

(Ecuación logistica polimórfica)

4. Metodología

El abordaje metodológico para la creación e implementación del modelo parte de la revisión de información histórica del fenómeno de la deforestación y el análisis de incidencia de variables ambientales y socioeconómicas haciendo uso del software Dinamica EGO y siguiendo los pasos descritos a continuación.

Dinamica EGO es una plataforma de modelado ambiental de uso libre que permite el diseño un sinfín de modelos, desde elaboraciones sencillas hasta modelos muchos más complejos que involucran características espacio-temporales. Y es precisamente haciendo uso de esta herramienta que se plantea desarrollar este proyecto cuyo valor agregado a la satisfacción de la carencia de información misma de la entidad, es la generación de conocimiento entorno al abordaje y caracterización la temática de la deforestación, más aún cuando en la actualidad el mundo y para el caso particular Colombia le apuestan a reducir de manera sustancial el impacto del cambio climático.

4.1. Insumos

La Corporación Autónoma Regional de Chivor – Corpochivor es una autoridad ambiental localizada al suroriente del departamento de Boyacá que cuenta con una extensión de 310977 hectáreas y de la cual hacen parte 25 municipios. Su ubicación geográfica la sitúa en una región con una gran biodiversidad derivada del ecosistema de piedemonte predominante en gran parte de su territorio.

Paso 1: Adquirir los datos y el software de procesamiento Dinamica EGO, hacer la selección y clasificación de la información para completar el proceso de homologación de la misma con la generación del cubo de variables.

Paso 2: Calcular las matrices de transición que determinan la tasa de cambio de cobertura de Bosque a No Bosque de acuerdo a la información histórica disponible.

Paso 3: Calcular los rangos para categorizar las variables continuas y sus respectivos pesos de evidencia, a partir de los cuales se genera la matriz de correlación que se evalúa la pertinencia de cada una de las variables incluidas.

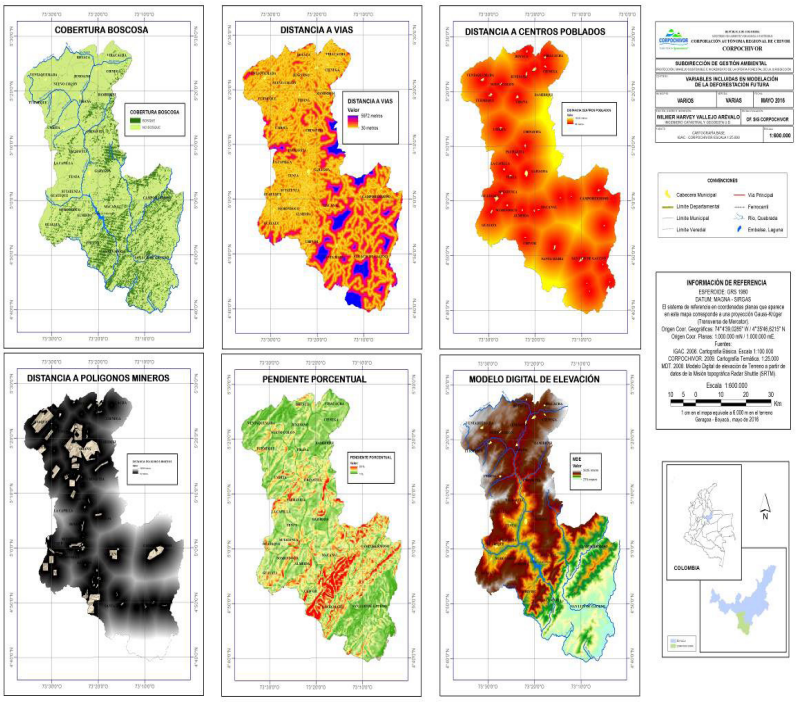


Figura 1 – Distribución espacial de las variables. Fuente: Elaboración propia generada con el software ArcGIS.

Paso 4: Construir y ejecutar el modelo de simulación empleando como entrada el cubo de variables y la tasa de cambio de uso del suelo, se debe tomar como periodo inicial el año 1 de los datos históricos correspondiente en este caso a la capa de cobertura boscosa de año 2005 y se ejecuta la simulación para 7 periodos (hasta 2012).

Paso 4: Validar los resultados del modelo construido por los métodos de función de decaimiento exponencial y función de decaimiento constante con ventanas múltiples. Para la validación de hará una comparación entre los resultados obtenidos por el modelo y los datos históricos de cobertura para el año 2010.

Paso 5: Implementar la simulación para el periodo 2017-2047 incluyendo en el modelo definitivo los procesos de deforestación por generación de nuevos parches y la expansión de las áreas deforestadas existentes.

5. Resultados

Los resultados obtenidos en el proceso de generación del modelo y tras la implementación del mismo se describen a continuación.

5.1. Matrices de transición

Este cálculo corresponde a las matrices de deforestación que describen de un lado la tasa de deforestación anual desde el año 2000 hasta el año 2012 (matriz de múltiples pasos) que muestran que el bosque está cambiando a una tasa de 2,32% de un año a otro, y de otro lado la matriz que relaciona la tasa de deforestación total para el mismo periodo (matriz de único paso) cuyo resultado muestra una tasa de 27,9% para el total de los 12 años. Para el caso de este análisis solo se tiene en cuenta el cambio de cobertura de Bosque (1) a No Bosque (2) y los resultados se relacionan a continuación.

Matriz de transición de múltiples pasos		
De	*A*	*Tasa*
Bosque (1)	No Bosque (2)	0,0189

Tabla 1 – Matriz de transición de múltiples pasos. Fuente: Elaboración propia.

Matriz de transición de único paso		
De	*a*	*Tasa*
Bosque (1)	No Bosque (2)	0,1709

Tabla 2 – Matriz de transición de único paso. Fuente: Elaboración propia.

5.2. Pesos de evidencia

Cabe aclarar que si bien en la matriz de pesos se incluye un ítem que identifica cuales de los rangos son significativos para mantenerlos en la modelación; por experiencia en ejercicios anteriores se puede afirmar que los rangos con pesos negativos no aportan luego deben ser eliminados, así mismo los pesos muy cercanos a cero (0) aunque pueden tener algún tipo de influencia esta puede considerarse muy mínima y en algunos casos en cambio de aportar puede generar ruido y distorsionar el resultado final de la modelación. Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores se decidió tomar en cuenta únicamente los valores positivos de los pesos espaciales como se muestra la relación en la Tabla 3.

VARIABLE	**INTERVALO RANGO**		**PESO**
Distancia a áreas sin bosque	0	50	0,783800967378541
Distancia a centros poblados	0	1000	0,979560499551121
	1000	2000	0,656165546776916
	2000	3000	0,426305974996242
	3000	4000	0,217777356367019
	4000	150000	0

Tabla 3 – Matriz de pesos de evidencia definitivos. Fuente: Elaboración propia.

5.3. Modelo de simulación

Los modelos de deforestación futura en Dinamica responden a dos comportamientos fundamentales de formación de hotspots (puntos calientes de deforestación). De un lado los parches de deforestación existentes pueden incrementar su tamaño en un proceso denominado “expander” o de otro lado se pueden generar nuevos parches en lo que se conoce como “patcher”.

La simulación de la deforestación por este último proceso requiere tres parámetros de entrada correspondientes a la media, la varianza y la isometría de los parches que tras la ejecución del mismo pueden mejorar los resultados de la simulación.

Luego de realizar ensayos con diferentes valores de parámetros se decidió aplicar los valores de 0.05, 0.05 y 1 en cada ítem respectivamente teniendo en cuenta que la media de la similitud es la más alta de todas las opciones ejecutadas.

La actualización del paisaje se hace a partir de un mapa de probabilidad combinado con las tasas de transición determinadas en la matriz de múltiples pasos implementando para este modelo únicamente cambios derivados de la función bajo, la cual se generan nuevos espacios de deforestación (parches), función denominada *patcher* ya descrita.

Dinamica genera un archivo *.ers bicolor (azul=bosque) - (rojo=no bosque). En una revisión preliminar basada en análisis visual, el contraste de color permite identificar las zonas en las que el modelo genera un paisaje con mejor ajuste espacial a la realidad como se aprecia en las figuras 2 y 3.

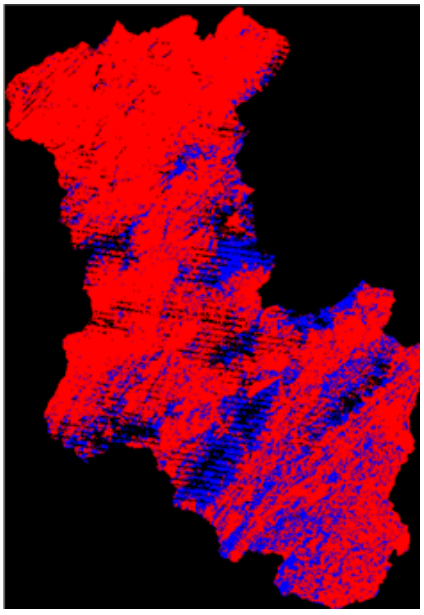


Figura 2– Salida gráfica paisaje modelado 2010. Fuente: Elaboración propia generada con el software Dinamica EGO.

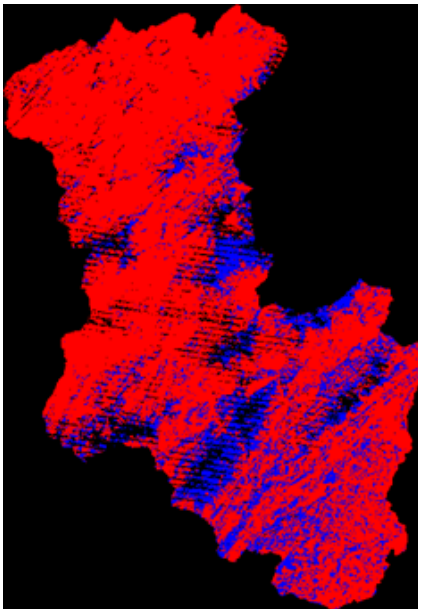


Figura 3 – Salida gráfica paisaje real 2010. Fuente: Elaboración propia generada con el software Dinamica EGO.

5.4. Validación del modelo

Validación usando una función de decaimiento constante que provee un método de verificación basado en la comparación de jerárquica de patrones difusos que como su nombre lo indica haciendo uso de una función de decaimiento en la que se determina una distribución del peso de la celda en una ventana específica, en función de su distancia a la celda central.

En la figura 4 se muestra el ajuste espacial de los datos de deforestación modelados para el año 2010, los colores rojos y amarillo evidencian un ajuste alto y moderado respectivamente, mientras que el color azul indica un ajuste bajo. Respecto a este resultado se establece que la modelación presenta un comportamiento muy similar al paisaje real en los procesos de expansión de los parches existentes, sin embargo, en la formación de nuevos parches el ajuste es menor.

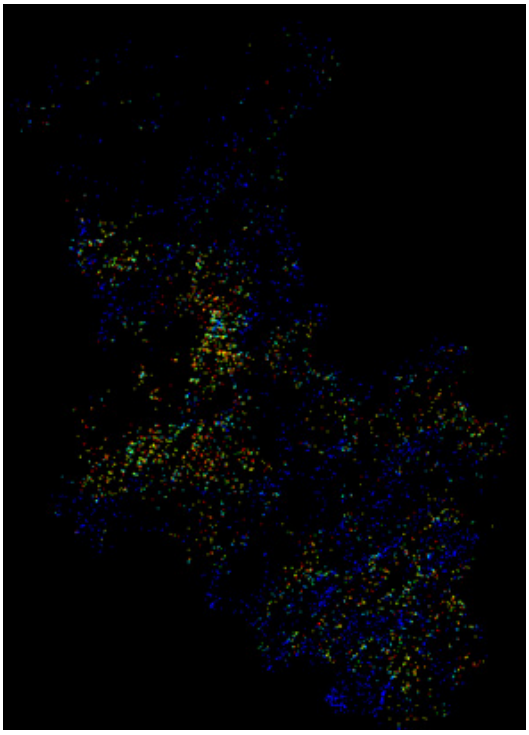


Figura 4 – Resultado evaluación por decaimiento exponencial. Fuente: Elaboración propia generada con el software Dinamica EGO.

Otro método de medición del ajuste espacial entre los mapas retoma el modelo anterior aplicado la función de decaimiento dentro de una ventana con tamaño variable, no obstante, hace un conteo del número de celdas deforestadas y si es el mismo asigna el valor máximo de similitud sin importar su ubicación dentro de la ventana. El tamaño de las ventanas será cambiado sistemáticamente desde 1*1 hasta 11*11 celdas con un incremento de dos en dos.

Los resultados obtenidos y relacionados en la Tabla 4 evidencian el hecho de que a mayor tamaño de ventana existe un mayor ajuste espacial entre el paisaje simulado y el paisaje real para el año 2010.

Tamaño de la ventana	Mínima similitud	Máxima similitud
1	0,155452899106787	0,322692663034821
3	0,400012277847693	0,442973653190608
5	0,477009730194297	0,557344929752461
7	0,51436508180116	0,656105642103922
9	0,539757205561865	0,734046959125808
11	0,559271309739403	0,79604319984708

Tabla 4 – Valores de similitud para ventanas múltiples. Fuente: Elaboración propia.

5.5. Implementación del modelo definitivo

Una vez realizadas las verificaciones al modelo estructurado en cuanto a insumos y características de entrada se hace necesario fijar un último parámetro para correr la simulación definitiva que determinara las proyecciones de las trayectorias de deforestación en la jurisdicción para el periodo 2014 -2044. El parámetro a establecer corresponde al porcentaje de cambio total asignado a la expansión y a la formación de nuevos parches, es decir, cuanto del total de la zona deforestada se debe a la expansión de los parches existentes y cuanto a la formación de nuevos parches.

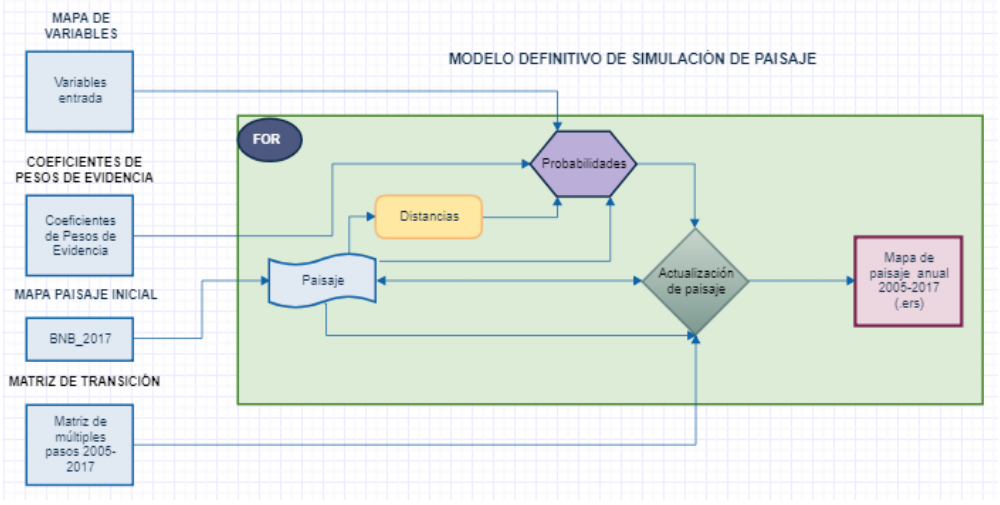


Figura 5 – Diagrama modelo definitivo de simulación de paisaje 2017 – 2047. Fuente: Elaboración propia basado en modelo propuesto por equipo de Dinamica EGO.

Para hacer esa asignación debemos tener en cuenta los resultados de la validación de los que se puede extraer el hecho de que en el paisaje de Corpochivor la dinámica de la deforestación responde a la tendencia de la expansión de los parches existentes y no así a la formación de nuevos. Teniendo en cuenta lo anterior se decide asignar una relación de 80% al *expander* y un 20% al *patcher*.

El resultado final de la implementación del modelo son los escenarios de paisaje anual que permiten identificar la localización de las zonas con riesgo de deforestación futura como se evidencia en la figura 6, áreas que para el final del periodo analizado corresponden a cerca de 24.000 hectáreas y que representan alrededor del 50% de la cobertura boscosa existente en la actualidad.

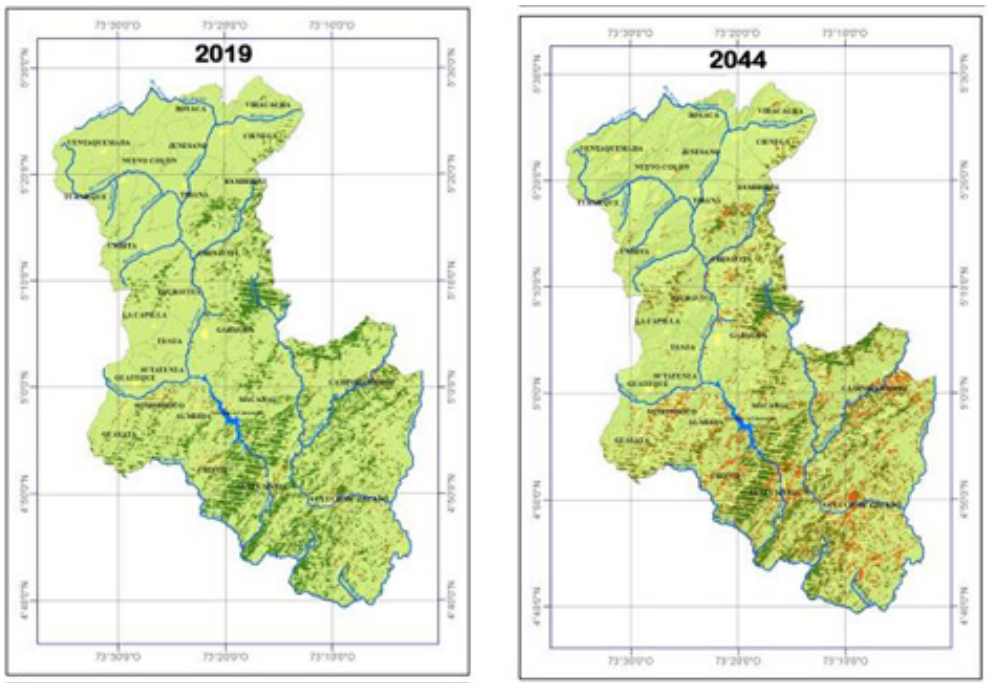


Figura 6 – Proyección de la Deforestación 2019 Vs. 2044. Fuente: Elaboración propia generada con software ArcGIS.

6. Conclusiones

El monitoreo histórico por imágenes de satélite de la deforestación permite identificar las áreas boscosas con mayor intervención antrópica y de manera paralela los factores condicionantes de dichas intervenciones (agentes y drivers). La generación de un modelo de predicción espacial de la deforestación basado en pesos de evidencia respecto a variables de distancia a vías, centros poblados, polígonos de explotación minera, pendiente porcentual y Modelo Digital de Elevación permitió describir con alta precisión

el comportamiento del fenómeno al interior de la jurisdicción de Corpochivor, y en tanto no hace uso de variables particulares puede extrapolarse a zonas con condiciones geográficas similares como zonas de piedemonte.

Los resultados obtenidos tras validación del modelo por los métodos de Función Exponencial de Decaimiento y Función de Decaimiento Constante con Ventanas Múltiples evidencian el ajuste del modelo al comportamiento de los procesos de deforestación al interior del territorio en especial en zonas de transición que corresponden a las de mayor vulnerabilidad a la perdida de cobertura boscosa.

La modelación de escenarios futuros como herramienta de planeación permite en primer lugar emitir alertas tempranas por deforestación anualmente y así mismo diseñar estrategias para la reducción de misma. Los resultados de la presente modelación muestran un panorama no favorable teniendo en cuenta que en los próximos 30 años se perdería aproximadamente el 50% del bosque existente en la actualidad, lo anterior si se continúa con el ritmo actual de intervención.

Referencias

Agterberg, F. P. (1992). Combining indicator patterns in weights of evidence modeling for resource evaluation. Nonrenewable Resources, 1(1), 39-50. https://doi.org/10.1007/BF01782111

Bonham-Carter, G. F. (Graeme F., & Bonham-Carter, G. (1994). Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS. Elsevier.

Boyd, D. S. and Foody, G. M. (2011). An overview of recent remote sensing and GIS based research in ecological informatics. Ecological Informatics. 6: 25-36.

García, H. (2014). Deforestación en Colombia: Retos y perspectivas. Recuperado de http://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/337

GUO, T. (2015). Dinamica_EGO_guidebook.pdf. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5179.4641

Mas, J.-F., Kolb, M., Houet, T., Paegelow, M., & Olmedo, M. T. C. (2011, abril 30). Una comparacion de programas de modelacion de cambios de cobertura/uso del suelo. Presentado en XV Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. Recuperado de https://hal-univ-tlse2.archives-ouvertes.fr/hal-01447901/document

Murayama, Y. (2012). Progress in Geospatial Analysis. Springer Science & Business Media.

Paulina Osorio, L., Mas, J., Guerra, F., & Maass, M. (2015). Análisis y modelación de los procesos de deforestación: un caso de estudio en la cuenca del río Coyuquilla, Guerrero, México. Investigaciones Geograficas : Boletin - Instituto de Geografia, Universidad Nacional, Autonoma de Mexico, 60-74. https://doi.org/10.14350/rig.43853

Perez-Verdin, G., Kim, Y., Hospodarsky,'D., and Tecle, A. (2009). Factors driving deforestation in common-pool resources in northern Mexico. Journal of Environmental Management. 90(1): 331–340.

Ploeg, J. D. (2008). The New Peasantries. Struggles for Autonomy and Sustainability in an Era of Empire and Globalization.Londres: Earthscan. 356 Pp.

Soares-Filho, B. S., Coutinho Cerqueira, G., & Lopes Pennachin, C. (2002). dinamica—a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. Ecological Modelling, 154(3), 217-235. https://doi.org/10.1016/S0304-3800(02)00059-5

Yiran, G. A. B., Kusimi, J. M., and Kufogbe, S. K. (2012). A synthesis of remote sensing and local knowledge approaches in land degradation assessment in the Bawku East District, Ghana. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 14(1): 204–213.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 01/10/2019
Aceitação/Acceptance: 11/12/2019

Implementación de un sistema de seguridad perimetral como estrategia de seguridad de la información

Flavio Morales[1], Sergio Toapanta[1], Renato M. Toasa[1]

fmorales@uisrael.edu.ec, stoapanta25@gmail.com, rtoasa@uisrael.edu.ec

[1] Universidad Tecnológica Israel, Quito, Ecuador.

Pages: 553–565

Resumen: Este trabajo presenta la implementación de un sistema de seguridad perimetral, manteniendo la integridad, confidencialidad y disponibilidad de la información, protegiendo los sistemas de amenazas internas y externas. La importancia que posee la seguridad de la información, actualmente donde la tendencia a nivel mundial en cuanto a amenazas sigue creciendo y la información se expone a cualquier entidad que tenga los recursos suficientes para acceder a ella, en este contexto; se propuso realizar una renovación tecnológica con equipos virtualizados que permitan ampliar la capacidad cuando sea necesario y mantener su efectividad en el control de amenazas. Adicional, que trabajen en HA(High Availability) en los dos centros de datos, presentando una topología con cuatro equipos. Los equipos implementados aplican políticas en tiempo real, trabajan con módulos de filtrado URL, IPS, antimalware, antivirus, sandboxing y control de aplicaciones, obteniendo como resultado una protección efectiva a toda la plataforma tecnológica de la institución.

Palabras-clave: seguridad, sistema, implementación, perimetral, virtual

Implementation of a perimeter security system as an information security strategy

Abstract: This paper presents the implementation of a perimeter security system, maintaining the integrity, confidentiality and availability of information, protecting the systems from internal and external threats. The importance of information security, at a time when the worldwide trend in threats continues to grow and information is exposed to any entity that has sufficient resources to access it, in this context, for implementation was proposed to make a technological renewal with virtualized equipment that can expand capacity when necessary and maintain its effectiveness in controlling threats. In addition, to work in HA (High Availability) in the two data centers, presenting a topology with four teams. The implemented teams apply policies in real time, working with URL filtering modules, IPS, antimalware, antivirus, sandboxing and application control, obtaining as a result an effective protection to the entire technological platform of the institution.

Keywords*:* security, system, implementation, perimeter, virtual.

1. Introducción

La seguridad de la información se ha convertido en una tendencia a nivel mundial, debido al grado significativo y relevante que ocupa la información para toda compañía y al creciente aumento de amenazas en los últimos años. La seguridad ya no sólo abarca la protección de los equipos con antivirus. Con el pasar del tiempo y el avance de la tecnología han ido apareciendo nuevas técnicas de ataques utilizados para vulnerar sistemas.

En la actualidad se vive la era de la transformación digital, donde los negocios y sobre todo la información han sido migrados a medios digitales, lo cual implica un mayor reto para las organizaciones, en proteger sus datos. De acuerdo a cifras de la firma Fortinet, se producen 545000 intentos de intrusión en las redes cada minuto y se neutralizan más de 140000 programas de malware cada 60 segundos en el mundo. Una organización que quiera competir en la era digital, deberá manejar una estrategia apoyada en la alta dirigencia y tomar decisiones orientadas a proteger su activo más valioso: la información. En un informe revelador llamado Global Cibersecutiry Index de la ITU (International Communication Union), Ecuador se ubica en el puesto 9 de América y en el 65 a nivel mundial con respecto a materia de ciberseguridad. El gasto comercial global en soluciones de ciberseguridad crecerá 33% en los próximos 4 años, esto quiere decir un monto total de 134 mil millones anuales para el 2022 (Data-Team, 2018).

En el libro Mundo Hacker (Ramos Varón, Gonzales Cañas, Picouto Ramos, & Serrano Aparicio, 2014) sobre seguridad perimetral, monitorización y ataques en redes, indica que uno de los puntos importantes en la seguridad es analizar el espionaje de redes y la intrusión en las mismas y que para prevenir amenazas se debe usar métodos y técnicas con herramientas de monitorización de tráfico de red, técnicas de intercepción de información, interpretación de la información obtenida y métodos de protección contra intrusos. Existen varias herramientas de seguridad perimetral que ayudan a mantener más seguras las redes, como firewalls, honey pots, iptables entre otras. De este modo se asegura la confidencialidad e integridad de los datos, analizando sistemas criptográficos, tratando aspectos de los certificados digitales y analizando los distintos usos del cifrado de datos, como SSH, IPSec, VPN-SSL y más. Con estos métodos y técnicas se previene que la seguridad de la información se pueda ver comprometida.

La economía actual determina el éxito o fracaso de las organizaciones en la medida que aprovechen su información para adaptar su oferta y obtener ventaja competitiva en el mercado. Sin embargo, esta realidad ha expuesto a la data como uno de los centros de atracción para la ciberdelincuencia. Citar casos como el Ciberataque a British Airways en el cual 380000 usuarios vieron comprometidos sus datos en operaciones realizadas a través de su página web. Nombres, emails y detalles de las tarjetas de crédito de clientes que tuvieron transacciones entre agosto y septiembre 2018, habían sido robados (Spanos & Angelis, 2016).

Otro caso fue el de Cryptojacking al Cloud System de Tesla (Eskandari, Leoutsarakos, Mursch, & Clark, 2018), en el cual una serie de hackers se infiltraron en la consola de

administración de los servidores de la nube de Tesla ya que no tenía contraseña, lo cual dejó expuestas las credenciales de acceso a la cuenta de AWS (Amazon Web Services) del fabricante de automóviles, donde los hackers implementaron Stratum (software de minería de criptomonedas).

El impacto de Wannacry en Ecuador fue otro caso perpetrado en mayo 2017 (Chuquilla, Guarda, & Ninahualpa Quina, 2019), en el cual el virus intentó penetrar en las cuentas personales y corporativas para apoderarse de los equipos. En las pantallas de las computadoras aparecía un aviso de color rojo con un cronómetro. Esto significaba que los documentos habían sido robados por las cibermafias y para recuperarlos exigían entre USD 300 y 700.

Dmitry Bestuzhev, experto de Kaspersky advirtió que Ecuador fue el tercer país de la región más vulnerado con WannaCry (Alexandrovna; & Christian, 2014). Y por mencionar un último caso, se tiene la Campaña de Publicidad Maliciosa en Wordpress, en el cual los ciberdelincuentes hackearon una versión de Wordpress, insertando un código malicioso que permitía tomar el control de la página, redireccionando el tráfico a páginas falsas, obteniendo así la información confidencial de los usuarios. Por otro lado, en la literatura se menciona que se pueden realizar comunicaciones anónimas, como lo mencionan (Leon, Mayorga, Vargas, Toasa, & Guevara, 2018), que realizan la implementación de la comunicación anónima en gobiernos electrónicos, garantizando de cierta forma la integridad de la información.

Por lo expuesto anteriormente, este trabajo propone mediante la implementación de servidores virtuales mejorar el sistema de seguridad de la información, levantando sobre ellos licenciamiento de firewall perimetral (Next Generation Firewall), lo cual facilitará el incremento de la capacidad del CPU (Central Processing Unit), acorde a las variaciones de tráfico y mejor dominio en el control de los ataques o amenazas realizados en tiempo real.

El documento está organizado de la siguiente manera: la sección 2 presenta la contextualización y estado del arte con proyectos similares implementados en el Ecuador, la sección 3 contempla la metodología y materiales empleados donde se muestra aspectos técnicos de la solución implementada, la sección 4 describe los resultados obtenidos en esta investigación y finalmente la sección 5 presenta las conclusiones y trabajos futuros.

2. Trabajos Relacionados

Varios estudios abordan temas referentes a la seguridad de la información, inicialmente el grupo Deloitte (Deloitte-Ecuador, 2017), presentó la primera edición Seguridad de la Información – Ecuador 2017, el cual midió las principales tendencias en cuanto a seguridad de la información. Participaron más de 50 empresas nacionales y multinacionales de diversas industrias. El 79% de las empresas tenía a cargo un responsable de seguridad de la información. Un 62% de las empresas no contaba con un presupuesto para la gestión de la seguridad de la información. Para el 2018, el 42% de las empresas, según el estudio realizado, mantendrían el mismo presupuesto asignado para la seguridad de la información. El 60% de las empresas no contaba con un SOC (Centro de Operaciones de Seguridad), punto importante para la gestión de

seguridad de la información, dado que reúne el personal y herramientas necesarias para soportar la seguridad que la actividad de la organización requiere. El 54% aseguró haber experimentado robo de información, mientras que un 46%, sufrió ataques de software malicioso como el ransomware WannaCry, responsable de incidentes a escala mundial.

El 2017 marcó un hito, Wannacry se convirtió en el primer malware de alcance global, afectando alrededor de 400000 máquinas de diferentes latitudes. Cyence, firma de ciberseguridad basada en Silicon Valley estimó pérdidas a nivel mundial por 4000 millones de dólares. De acuerdo a McAfee, el costo anual de la ciberdelincuencia en la economía global supera los 445000 millones de dólares. Por otro lado, de acuerdo a Intel, el gasto en ciberseguridad superará el 1 billón de dólares entre el 2017 y el 2021, para el 2020 la superficie de ataque llegará a 4000 millones de personas. La delincuencia cibernética triplicará el número de puestos de trabajo, 3.5 millones en 2021, mientras que 200000 millones de dispositivos IoT (Internet de las Cosas) necesitarán protección de datos antes del 2020 (Ekos, 2017).

En el 2016 se registró la filtración documental de mayor alcance en la historia, los "Panamá Papers", con información de grandes compañías, sobre acciones y conversaciones a escala mundial. Según el analista político internacional Jorge Kreiner, el objetivo que perseguía Estados Unidos con la publicación de estos documentos era el desprestigio a Vladimir Putin, ya que estos documentos lo vinculaban, y el control de los fondos que se encontraban depositados en estos paraísos fiscales; tanto bancos de New York como de Londres tenían un convenio con las Bahamas para transferirles sus fondos. En el 2013 se detona otra bomba en el ámbito de la ciberguerra, fue el caso Snowden, en el que Edward Snowden, consultor tecnológico estadounidense y trabajador de la CIA (Central Intelligence Agency), filtró más de 20000 documentos sensibles, sustraídos de los servidores de la National Security Agency (NSA) de los Estados Unidos. En el 2006 aparecieron involucradas organizaciones no gubernamentales en la ciberguerra con el caso WikiLeaks, organización sin fines de lucro fundada por Julian Assange, que publica informes y documentos de carácter confidencial, sobre aspectos sensibles de índole militar, política, religiosa o social mediante un sitio web (Flores, 2017).

En el 2018(Almeida & Herrera, 2019) presentaron un artículo: La ciberseguridad en el ecuador, una propuesta de organización cuyo estudio ofrecía un análisis de las iniciativas que algunos países han tomado para la elaboración de estrategias y políticas nacionales, para enfrentar esta amenaza hibrida que utiliza el ciberespacio como su campo de batalla.

Por otro lado en 2017 la (Vargas Borbúa, Reyes Chicango, & Recalde Herrera, 2017), presentaron un estudio analítico-conceptual de la seguridad y defensa en el ciberespacio, el cual proponía la configuración de un modelo local de gobernanza en ciberdefensa. Los hallazgos mostraron que la reflexión local era aún incipiente y que se requerían esfuerzos interagenciales para su institucionalización.

En el año 2015 se desarrolló un trabajo para las empresas privadas Teamsourcing sobre la Implementación de un sistema de seguridad perimetral usando software libre ClearOS y el desarrollo de las políticas de seguridad basadas en el estándar ISO-27001. Este proyecto tuvo un resultado satisfactorio en el control de tráfico y malware, mejorando en su interfaz y administración a nivel de gestión de permisos. Los reportes fueron otro

factor importante de mencionar, ya que se obtuvo un mejor análisis de tráfico diario (Pilacuán Erazo, 2015).

En octubre del año 2010 un estudiante de la Escuela Politécnica Nacional, realizó el proyecto de "Diseño de un esquema de seguridad para la red de datos de una institución educativa", para lo cual utilizó el modelo de seguridad SAFE de CISCO y el Penetration Testing Metodology para el análisis de riesgos de vulnerabilidades y el esquema físico. La metodología mencionada consta de 5 fases: preparación, reconocimiento, análisis de información y riesgos, intentos activos de intrusión y análisis final. Se encontraron varios problemas en la institución, como el uso de *software* no licenciado, falta de antivirus en los equipos de computación y el desconocimiento de políticas de seguridad informática en los empleados. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios al licenciar los computadores y actualizar los parches de seguridad en los mismos, añadiendo software antivirus, reduciendo así los riesgos en la institución (Martínez Espinel, 2010).

En lo referente a seguridad perimetral, (Conejos & Luján, 2014), la definen como la seguridad en el exterior de un recinto donde se va a situar el sistema de seguridad. Esta seguridad intenta detectar algún tipo de actividad sospechosa en una zona delimitada del exterior de un recinto, y proponen el desarrollo de un Sistema de seguridad perimetral inteligente.

Como se menciona anteriormente, hay varios trabajos que llevan a cabo estudios similares al propuesto en esta investigación, lo que permite determinar que la investigación actual será útil en toda la comunidad científica y académica del mundo, es necesario mencionar que la implementación de un firewall es técnicamente sencilla, pero utilizarla como una estrategia para garantizar la seguridad es el eje central de este trabajo.

3. Materiales y metodología

Para la implementación y configuración del sistema de seguridad perimetral se utilizó el método práctico, así como también en la fase de pruebas y su paso a producción, ya que se realizó una renovación total de los equipos firewall. La fase donde se realizaron pruebas se apoyó en el método experimental ya que se pueden medir errores y comprobaciones previas para el correcto funcionamiento del sistema implementado. En esta fase se hace un reconocimiento de los equipos físicos y lógicos existentes, un levantamiento de software y se acuerdan los mecanismos para la comunicación entre ambos. A continuación, se realiza la conexión de todos los equipos, configuración y depuración de reglas. Se presenta un diseño de topología de seguridad de red perimetral y se finaliza con las pruebas de funcionamiento y validación de accesos hacia las diferentes zonas de la infraestructura tecnológica.

3.1. Aspectos técnicos de la solución

Se propone implementar un sistema de seguridad perimetral basado en servidores virtuales que reemplacen a los equipos físicos appliance, la Figura 1 detalla el esquema de seguridad propuesto.

La idea es que el software para firewall seleccionado sea instalado en los servidores virtuales para así tener abierta la posibilidad de aumentar o disminuir recursos cuando

sea necesario, para que el sistema siempre esté funcionando al 100%. Esto ya que constantemente está creciendo el tráfico anual que atraviesan los equipos de seguridad perimetral. Los equipos estarán instalados en HA, dos servidores en el Data Center 1, dos servidores en el Data Center 2. Además, en el Data Center 1 estará instalado un servidor que servirá como administrador para los cuatro equipos, y este mismo generará reportes con un espacio suficiente para almacenar logs que se sincronicen con todos los equipos.

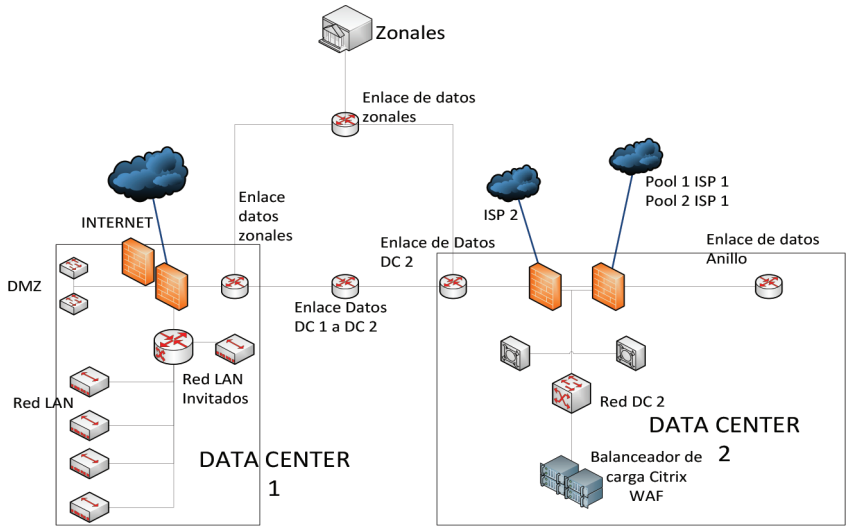


Figura 1 – Esquema de seguridad propuesto

Como se puede observar en la Figura 1 la topología muestra la conexión de 2 data center en diferentes lugares. El data center 1 engloba toda la LAN de usuarios finales propios de la empresa o institución y se describe como RED LAN, en esta zona se encuentra también configurada una DMZ en donde se alojan servicios de DHCP, AD, Antivirus, DNS, adicional en esta zona se encuentra configurada una red LAN de invitados aislada de la LAN de usuarios; en el data center 2 contiene todos servicios que la empresa ofrece al público o ciudadanía por eso en este lugar se alojan todos los servidores de aplicaciones, BDD, adicional aquí se encuentran configurados equipos balanceadores de carga para gestionar el tráfico recibido de la ciudadanía o clientes. La propuesta de seguridad para asegurar la información confidencial y privada se basa en utilizar 4 equipos físicos como servidores para en ellos implementar el *firewall* perimetral que reemplazará a los appliance, estos trabajarán en alta disponibilidad en los dos Data Center. En los equipos físicos se instalarán licencias de *VMware* para virtualizarlos e instalar en ellos un *software firewall*. En un quinto servidor físico será instalado de igual forma *VMware* y en este será instalado el *software management* para administrar los cuatro equipos, además se encargará de correlacionar *logs* y generar reportes. En estos firewalls se configurará políticas, reglas de protección para toda la infraestructura tecnológica basándose en las normas y estándares de ciberseguridad como la ISO 27000, 27001, 27002.

3.2. Selección equipos físicos para servidores

Los equipos deben cumplir ciertos requisitos para gestionar la cantidad de tráfico recibida por la empresa o institución, estos son: el número de sesiones abiertas en cada servicio, y las necesidades propias de los usuarios internos: cada servidor con al menos 3 *cores*, servidores tipo *rack*, dos discos SSD 480 GB o mejor, tarjeta *smart array* para generación de RAID-1, 16 GB en RAM por equipo y 8 tarjetas de red 10/100/100 Mbps, esto para garantizar el correcto funcionamiento.

3.3. Selección del *Software firewall*

De acuerdo al análisis realizado el tráfico de sesiones concurrentes en horas pico de consumo de los servicios publicados a la ciudadanía llega a 75000 el rendimiento del firewall se mantenía al 100% produciendo perdida de comunicación, caída de los servicios por lo que debe cumplir las siguientes características: Rendimiento como *firewall* mínimo 450 Mbps, Rendimiento como IPS mínimo 250 Mbps, Sesiones concurrentes mínimo 100.000, nuevas conexiones por segundo mínimo 7.000, Rendimiento de IPSec VPN mínimo 175 Mbps, Pares VPN Mínimo 100, Soporte para aplicaciones y sitios Web mínimo 4.000, Número de categorías para filtrado URL mínimo 80, Número de URL categorizadas para filtrado URL mínimo 280'000.000, La inspección de tráfico deberá realizarse totalmente a nivel de aplicaciones (*app control*), el equipo deberá correlacionar los *logs* sin agregar un equipo adicional; es decir, deberá generar reportes personalizados y gráficas de las aplicaciones más utilizadas así como de los usuarios con mayor número de sesiones concurrentes sobre el mismo equipo, El equipo deberá tener la opción para descifrar el tráfico SSL, alta disponibilidad activo/*standby*, VLAN mínimo 1.024.

3.4. Selección equipo físico para Administración/reportes

La institución objeto de este estudio tiene varios proyectos a nivel nacional y actualmente maneja un tráfico de incremento anual de más del 30%, este proyecto garantiza una estabilidad de protección y gestión por un mínimo de tres años, por lo que el equipo físico donde se instalará el software de administración para la gestión centralizada y generación de reportes debe cumplir con las siguientes características : Número de equipos a gestionar hasta 25 equipos, Eventos de IPS mínimo 30'000.000, Espacio de almacenamiento para eventos mínimo 900 GB, Tamaño de mapa de red (hosts/usuarios) 50.000/50.000, Flujos por segundo mínimo 5.000, Control de políticas de acceso integrado, Gestión multiusuario y herencia de directivas, Visibilidad completa de amenazas, El equipo deberá correlacionar los *logs* de los 4 equipos.

4. Pruebas y resultados

La información que se maneja dentro de la empresa es de carácter crítico y confidencial. Para proteger una red se deben tomar todas las medidas necesarias, por esta razón se necesita un firewall perimetral para realizar un filtrado, permitir y negar el paso a los paquetes que no cumplan las políticas que se configuran en el equipo. La implementación se la realiza en una institución pública y debido a políticas de confidencialidad firmados, previo a la realización del proyecto solo se mostrará extractos del levantamiento de información realizado.

4.1. Escenario de validación

A continuación, en las Figuras 2, 3 y 4 se muestran los escenarios de monitoreo, detección y bloqueo de amenazas en tiempo real respectivamente, que representan el entorno ideal para validar la propuesta.

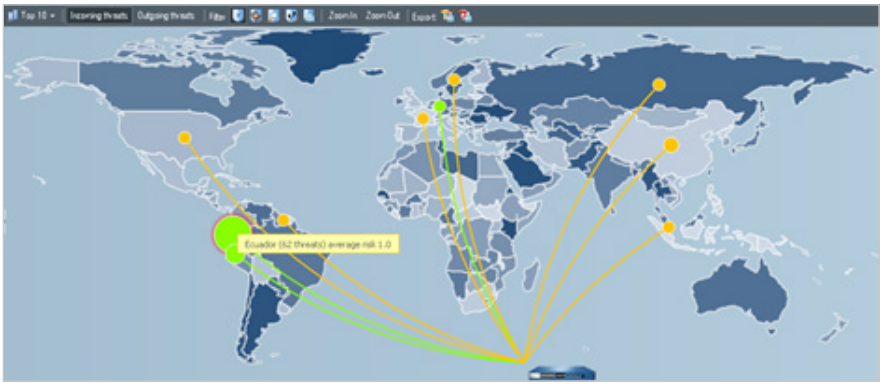


Figura 2 – Mapa de amenazas

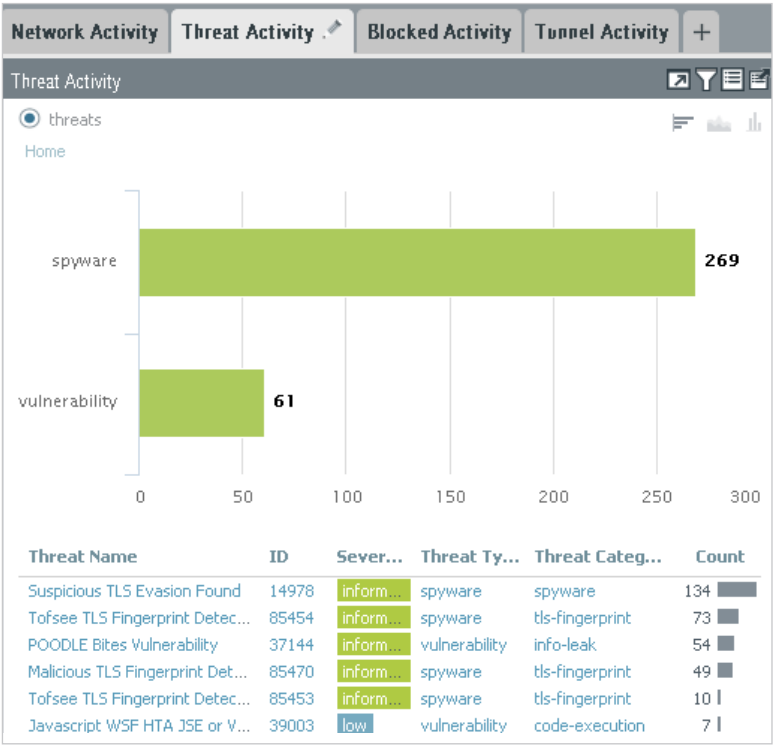


Figura 3 – Detección de amenazas

		Generate Time	Type	Name	From Zone	To Zone	Action	Severity	Source address
		11/04 17:49:59	spyware	Tofsee TLS Fingerprint Detection	ISP_CNT	LAN_DC_...	drop	informational	179.6.57.111
		11/04 17:49:58	spyware	Tofsee TLS Fingerprint Detection	ISP_CNT	LAN_DC_...	drop	informational	179.6.57.111
		11/04 17:49:58	spyware	Tofsee TLS Fingerprint Detection	ISP_CNT	LAN_DC_...	drop	informational	179.6.57.111
		11/04 17:49:49	spyware	Tofsee TLS Fingerprint Detection	ISP_CNT	LAN_DC_...	drop	informational	179.6.57.111
		11/04 17:49:48	spyware	Tofsee TLS Fingerprint Detection	ISP_CNT	LAN_DC_...	drop	informational	179.6.57.111
		11/04 17:49:48	spyware	Tofsee TLS Fingerprint Detection	ISP_CNT	LAN_DC_...	drop	informational	179.6.57.111
		11/04 17:44:46	vulnerability	Masscan Port Scanning Tool Detection	ISP_CNT	LAN_DC_...	drop	medium	83.212.86.243
		11/04 17:42:34	vulnerability	Masscan Port Scanning Tool Detection	ISP_CNT	LAN_DC_...	drop	medium	5.189.179.2
		11/04 17:34:55	vulnerability	rConfig Remote Code Execution Vulnerability	ISP_CNT	LAN_DC_...	drop	critical	152.136.171.168
		11/04 17:32:23	vulnerability	Masscan Port Scanning Tool Detection	ISP_CNT	LAN_DC_...	drop	medium	37.187.18.168
		11/04 17:32:03	vulnerability	ThinkPHP Remote Code Execution Vulnerability	ISP_CNT	LAN_DC_...	drop	critical	152.136.171.168
		11/04 17:31:39	vulnerability	ThinkPHP Remote Code Execution Vulnerability	ISP_CNT	LAN_DC_...	drop	critical	152.136.171.168
		11/04 17:20:30	spyware	Tofsee TLS Fingerprint Detection	ISP_CNT	LAN_DC_...	drop	informational	144.76.109.164

Figura 4 – Bloqueo de amenazas

Como se muestra en la Figura 2 existen miles de ataques a nivel mundial muchos de ellos dirigidos a sistemas informáticos del Ecuador. La función que cumple un firewall perimetral es muy importante ya que nos ayuda a monitorear, detectar y bloquear la mayor parte de amenazas que se producen diariamente. En la Figura 3 se muestra las amenazas detectadas de tipo informacional, medio y crítico, estas amenazas son bloqueadas como se muestra en la Figura 4. La mayoría de sistemas perimetrales sin importar la marca trabajan con bases de datos de firmas actualizadas, las mismas que ayudan a la detección y bloqueo en tiempo real.

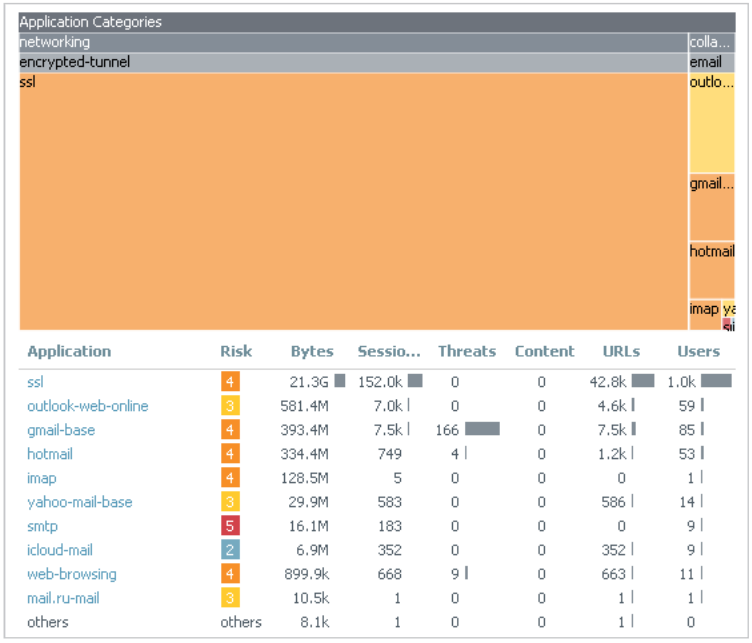
A continuación, en la Figura 5 se muestra una de las reglas que se pueden configurar en el firewall dependiendo de la marca.

		Flood Protection					Reconnaissance Protection		
	Name	SYN Flood	UDP Flood	ICMP Flood	ICMPv6 Flood	Other IP Flood	TCP Port Scan	UDP Port Scan	Host Sweep
☑	ZONA_INTERNET...	☑	☑	☑	☑	☑	block	block	block

Figura 5 – Regla de protección ante ataques

En el nivel empresarial los sectores públicos y privados, catalogan cada vez más a la información como el activo potencialmente más valioso de la organización. Los medios de protección existentes en el firewall perimetral y otras herramientas de seguridad ayudan a combatir la fuga de información masiva. Los módulos de filtrado de URL y aplicación son la base para controlar y hacer efectiva la confidencialidad de la información interna de las compañías. A continuación, en la Figura 6 se muestra el bloqueo para el uso

interno de mail, drive, dropbox, y demás aplicaciones existentes para la descarga y envío masivo de archivos.



Application	Risk	Bytes	Sessio...	Threats	Content	URLs	Users
ssl	4	21.3G	152.0k	0	0	42.8k	1.0k
outlook-web-online	3	581.4M	7.0k	0	0	4.6k	59
gmail-base	4	393.4M	7.5k	166	0	7.5k	85
hotmail	4	334.4M	749	4	0	1.2k	53
imap	4	128.5M	5	0	0	0	1
yahoo-mail-base	3	29.9M	583	0	0	586	14
smtp	5	16.1M	183	0	0	0	9
icloud-mail	2	6.9M	352	0	0	352	9
web-browsing	4	899.9k	668	9	0	663	11
mail.ru-mail	3	10.5k	1	0	0	1	1
others	others	8.1k	1	0	0	1	0

Figura 6 – Control de fuga de información

4.2. Análisis y resultados

Luego de implementada la nueva solución se pudo identificar los siguientes resultados: comunicación exitosa entre redes Data Center 1 y 2, equipos con permisos de navegación que acceden sin problema hacia la Internet desde todas las redes e IP de la organización, acceso a Redes Virtuales Privadas (VPN) desde PC y dispositivos móviles, de acuerdo a solicitudes y autorizaciones presentadas, acceso a servidores restringido, sólo autorizado mediante políticas internas y navegación con permisos según el perfil y solicitudes presentadas.

En la siguiente tabla 1 se presenta la comparación entre las características de la herramienta de seguridad firewall anterior versus la nueva implementación, para determinar la mejora en la seguridad de la red y protección de la información.

El tiempo de aplicación de cambios, bloqueos o de compilar permisos se constituyó en la característica más importante y significativa de la nueva solución implementada, todo esto por cuanto permite realizarlo en un tiempo máximo de 10-60 segundos, combatiendo así con efectividad ataques en tiempo real, como por ejemplo una Denegación de Servicio (DoS). Cabe indicar que la solución anteriormente implementada no permitía lo ya expuesto, porque tomaba un tiempo de mayor duración 15 minutos.

Comparativa de características entre las soluciones utilizadas			
	Características	**Solución Anterior**	**Solución Propuesta**
Gateway security	Administración Centralizada	SI	SI
Gateway security	Prevención de Intrusos (IPS)	SI	SI
Gateway security	Control de aplicaciones por capas	NO	SI
Gateway security	Control de URL	SI	SI
Gateway security	Antivirus / Antimalware WILDFIRE	NO	SI
Gateway security	NAT dinámicos y estáticos	SI	SI
Gateway security	Portal Cautivo	NO	SI
Gateway security	Integración Nativa con Active Directory, LDAP, RADIUS, TACAC, KERBEROS.	NO	SI
Gateway security	QoS	SI	SI
Gateway security	Sandboxing para Protección contra ataques de día cero	NO	SI
Gateway security	Funcionalidades de VPN por IPSec	SI	SI
Gateway security	Compatible con VMWare	NO	SI
Gestión centralizada	Monitoreo de forma automática	SI	SI
Gestión l*ogs*	Almacenamiento de logs de todos los gateways.	NO	SI
Correlacionador de eventos y de reportes avanzados	Correlación de eventos de seguridad centralizada de todos los gateways de seguridad.	SI	SI

Tabla 1 – Comparación entre sistema anterior y sistema implementado

5. Conclusiones

La implementación de un firewall perimetral permitió incrementar la eficacia en el control de accesos y protección de los equipos y sistemas tecnológicos existentes en la institución.

Las reglas y políticas de permisos implementados en el sistema firewall perimetral mejoraron la seguridad de la información existente en cuanto a integridad, confidencialidad y disponibilidad de la misma.

Con la configuración que permite la comunicación y consumo de servicios con un nivel de protección adecuado a las necesidades de la institución, se da cumplimiento al conjunto de buenas prácticas recomendadas en el estándar ISO 27000 de Seguridad de la Información.

La implementación del firewall en servidores virtuales facilita el incremento de la capacidad del CPU, acorde a las variaciones de tráfico anuales, asegurando de esta

manera el buen funcionamiento de los equipos de protección de la infraestructura tecnológica y la información de la institución.

La estrategia de cuidar la información mediante el uso de un firewall perimetral, cumple con la protección de la misma, asegurando la integridad, confidencialidad y disponibilidad que son los tres pilares de la seguridad de la información.

La Implementación de un Sistema de Seguridad Perimetral ha sido primordial para la protección ante amenazas, ataques y fuga de información confidencial en las instituciones, empresa pública y privada.

Referencias

Alexandrovna;, G. M., & Christian, F. (2014). Kaspersky security Bulletin 2013. *Boletín de Seguridad de Kaspersky 2013*, *3*, 4. Retrieved from https://cyberleninka.ru/article/n/kaspersky-security-bulletin-2013

Almeida, C. A. T., & Herrera, L. R. (2019). La ciberseguridad en el ecuador, una propuesta de organización. *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa*, *IV*(7), 156–169.

Chuquilla, A., Guarda, T., & Ninahualpa Quina, G. (2019, July 16). *Ransomware - WannaCry Security is everyone's*. 1–4. https://doi.org/10.23919/cisti.2019.8760749

Conejos, J. B., & Luján, J. L. P. (2014). *Sistema de seguridad perimetral programable inteligente*. Universidad Politecnica de Valencia.

Data-Team. (2018). CW - CIBERSEGURIDAD. Retrieved September 3, 2019, from Revista datta website: http://revista.datta.com.ec/publication/db5b382a/mobile/

Deloitte-Ecuador. (2017). *Seguridad de la Información en Ecuador*.

Ekos, G. (2017). CW 301 - Seguridad. Retrieved September 9, 2019, from Revista datta website: http://revista.datta.com.ec/publication/ebd17345/mobile/?alt=1

Eskandari, S., Leoutsarakos, A., Mursch, T., & Clark, J. (2018). A First Look at Browser-Based Cryptojacking. *Proceedings - 3rd IEEE European Symposium on Security and Privacy Workshops, EURO S and PW 2018*, 58–66. https://doi.org/10.1109/EuroSPW.2018.00014

Flores, F. S. M. (2017). Desafíos de la ciberseguridad y respuestas estatales: el caso del estado ecuatoriano en el período 2008 - 2015. *Repositorio Universidad Católica Del Ecuador*.

Leon, D., Mayorga, F., Vargas, J., Toasa, R., & Guevara, D. (2018). Using of an anonymous communication in e-government services: In the prevention of passive attacks on a network. *Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI*, *2018-June*, 1–4. https://doi.org/10.23919/CISTI.2018.8399217

Martínez Espinel, R. V. (2010). Diseño de un esquema de seguridad para la red de datos de una institución educativa. *Repositorio Digital - EPN*.

Pilacuán Erazo, E. R. (2015). Implementación de un sistema de seguridad perimetral para las empresas Teamsourcing Cia. Ltda. Con software libre (ClearOS) y desarrollo de las políticas de seguridad basadas en el estándar ISO-27001. *Repositorio de La Universidad de Fuerzas Armadas ESPE*.

Ramos Varón, A. A., Gonzales Cañas, J. M., Picouto Ramos, F., & Serrano Aparicio, E. (2014). *Seguridad perimetral, monitorización y ataques en redes*. Ra-Ma.

Spanos, G., & Angelis, L. (2016, May 1). The impact of information security events to the stock market: A systematic literature review. *Computers and Security*, Vol. 58, pp. 216–229. https://doi.org/10.1016/j.cose.2015.12.006

Vargas Borbúa, R., Reyes Chicango, R. P., & Recalde Herrera, L. (2017). Ciberdefensa y ciberseguridad, más allá del mundo virtual: modelo ecuatoriano de gobernanza en ciberdefensa/ Cyber-defense and cybersecurity, beyond the virtual world: Ecuadorian model of cyber-defense governance. *URVIO - Revista Latinoamericana de Estudios de Seguridad*, (20), 31. https://doi.org/10.17141/urvio.20.2017.2571

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 29/09/2019
Aceitação/Acceptance: 20/11/2019

Generación de Servicios Digitales en Ciudades Inteligentes a Partir de las Capacidades de los Sistemas de Cámaras

J. P. D'Amato[1,2], L. Dominguez[1,2], A. Perez[1,3], A. Rubiales[1,3], F. Stramana[1,3]

Juan.damato@gmail.com

[1] Instituto PLADEMA – UNCPBA, Campus Argentino, 7000, Tandil, Argentina.

[2] Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Av. Rivadavia 1917, CABA, Argentina.

[3] Comisión de Investigaciones Científicas, Calle 526 e/10 y 11, La Plata, Argentina.

Pages: 566–578

Resumen: En la mayoría de las ciudades del mundo, existen centros de monitoreo con video cámaras solo utilizadas para la vigilancia, buscando ilícitos o accidentes. Pero esta inmensa cantidad de información que se obtiene a partir de videos (cientos de GBs por días), es posible aprovecharla con otros fines. Los gobiernos de dichas ciudades están buscando soluciones para ofrecer diferentes servicios, tales como, estacionamiento inteligente, manejo de semáforos, congestionamientos, entre otros. Dada la infraestructura ya disponible de cámaras, hoy se puede pensar en que estos servicios sean basados en tecnología imágenes en pos de una ciudad inteligente. En este trabajo se evalúan la potencialidad del uso de datos de imágenes para generar nuevos indicadores que definan servicios para los ciudadanos, en base a una plataforma unificada y abierta. Se realiza una propuesta de consideraciones técnicas para que esto sea factible, haciendo un estudio del esfuerzo computacional necesario y una caracterización de los tipos de servicios que se pueden crear, así como una propuesta arquitectónica.

Palabras-clave: ciudad inteligente; video-seguridad; visión computadora.

Generation of digital services for smart-cities exploiting surveillance systems capabilities

Abstract: In most cities in the world, there are monitoring centers with video cameras only used for video surveillance, looking for illicit or accidents. But this immense amount of information that comes from videos (hundreds of GBs per day), could be used for other purposes. At the same time, the governments of these cities are looking for new different services, such as smart parking, traffic light management, congestion, among others. Given the already available camera infrastructure, new services based on image technology arise. This paper evaluates the potential of using image data to generate indicators necessary to define services for citizens, based on an unified and open platform. A proposal of technical

considerations is made to show the feasibility. Also, a study of the necessary computational effort and a characterization of services types that can be created is presented.

***Keywords**:* smartCities: survillance systems; computer vision.

1. Introducción

Hoy, la seguridad sigue siendo uno de los temas principales en las políticas de gobierno de todo el mundo. La preocupación que generan en la sociedad los altos índices de violencia e inseguridad actuales (*Kessler, 2009*) ha motivado el estudio de nuevas tecnologías que permitan a los habitantes vivir con mayor tranquilidad. Este hecho se intensifica en grandes ciudades, donde se producen situaciones lamentables con mayor frecuencia. Según *Dammert et al. (2010)*, entre el año 2000 y 2008, la tasa de población penitenciaria en América Latina creció un 42. Por otro lado, estos sistemas han generado un efecto adverso: las personas se sienten siempre "observadas", con un impacto negativo ya que ven afectados sus derechos de privacidad.

Los sistemas de seguridad basadas en videos son una realidad y una característica determinante en las denominadas "Smart cities" o "ciudades inteligentes". Cuando hablamos de una Smart City nos referimos a un tipo de desarrollo urbano basado en la sostenibilidad, por lo tanto, se trata de una calificación que se hace a las ciudades en medida de sus inversiones en aspectos sociales, infraestructuras de energía y transporte, tecnologías de la comunicación y todas aquellas acciones que contemplen y promuevan una calidad de vida elevada, basada en un desarrollo económico-ambiental sostenible. En la definición de ciudades inteligentes (*Smart City Framework*), se plantean cinco (5) ejes de trabajo, dentro de la que se encuentra "video survillance", tal como se muestra en la Figura 1.

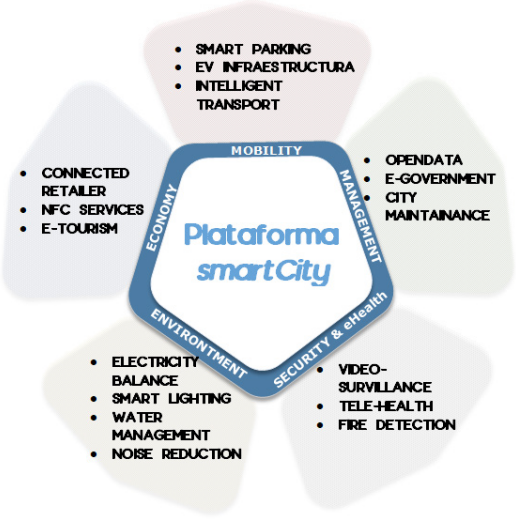


Figura 1 – Diferentes ejes y servicios de una plataforma de "ciudad inteligente"

Esta transformación de las ciudades hacia el futuro se ve especialmente afectada por la revolución tecnológica que llevamos viviendo. Se estima que, en el próximo año, habrá 50.000 millones de dispositivos conectados a Internet. Para que esto sea posible, las ciudades tendrán que invertir en esta digitalización para poder adaptarse a las nuevas necesidades de una sociedad cada vez más conectada y tendrán que lidiar con la cantidad de información generada. A su vez, se estima que la demanda del mercado mundial de Ciudades Inteligentes que podría alcanzar un valor de 1,5 trillones de dólares. En esta misma línea, las Ciudades Inteligentes, en base al Internet de las Cosas, contarán con 10.000 millones de elementos conectados en el año 2020, es decir, casi 10 veces más que los elementos conectados previstos para este año 2015, según la predicción de Gartner. (*ONTSI 2015*).

Esta nueva realidad tiene diferentes desafíos tecnológicos que deben ser atacados a fin de dar respuesta a una sociedad basada en la información: manipulación de gran cantidad de datos y disponibilidad de los mismos. Para dar una idea, en una cámara localizada en un lugar con tránsito vehicular/peatonal moderado, sólo en el lapso de una hora, es posible identificar aproximadamente 500 objetos. Si a esto lo escalamos por la cantidad de cámaras disponibles en una ciudad, en un mes identificamos más de $6x10^7$ objetos. Esta información puede ser utilizada para el control óptimo de semáforos *(D'Amato et al 2011)*.

Entendiendo que los sistemas de video-vigilancia son una pieza clave en la estructura de una ciudad inteligente, no solo en el ámbito de la seguridad sino también en el social, es que este grupo ha trabajado y generado diferentes trabajos en esta temática. Se ha propuesto en *(D'Amato et al 2016)* una plataforma distribuida que permite administrar y compartir, a través de la Web, un conjunto de cámaras IP con procesamiento embebido, en forma pública o privada. Esta idea surge como respuesta a la creciente demanda social en materia de seguridad y en sintonía con el aumento constante en la instalación de cámaras de seguridad que apuntan a la vía pública. A ello se suma una filosofía colaborativa que facilite el cumplimiento de una meta general: mayor seguridad social. Esta plataforma contempla la automatización de tareas para la detección y seguimiento de personas y objetos en diferentes cámaras de video, de manera integral. Su arquitectura abierta y distribuida contempla el uso de cámaras con procesamiento in situ para detectar rápidamente la información de interés en el mismo lugar en que sucede. Solo aquel evento importante será transmitido a una central, lo que permite escalar el sistema para soportar muchas cámaras sin afectar el rendimiento global.

En este trabajo, se presenta un análisis de cómo gestionar la información provistas por dichas cámaras a fin de crear servicios de información de distinto tipo, que permitan el accionar, tanto para el gobierno como la sociedad. El trabajo se divide en diferentes secciones. Primero se presentan algunos antecedentes tecnológicos y también se caracteriza lo que hace a una ciudad inteligente. A continuación, se proponen de servicios que pueden crearse a partir de estos datos y una de arquitectura integral que abarque a los diferentes actores. A continuación, se realiza un estudio de las necesidades de infraestructura de procesamiento requeridos para generar dichos servicios, a partir de la estimación de diferentes métricas en base a casos reales, considerando tiempos de respuesta y precisión de la información. Por último, se exponen las conclusiones y los trabajos para a futuro.

2. Estado del arte

Debido al volumen de información que se generan por video-vigilancia y de los sensores desplegados en una ciudad, se encuentran diferentes trabajos que abordan la problemática, ya sea por los algoritmos requeridos para el procesamiento como para la arquitectura que requiere un sistema de este tipo.

Desde el punto de vista algorítmico, en trabajos como el de *Serby et al. (2004)*, se detallan algunos de los métodos más comunes para la detección y seguimiento de objetos. *Hall et al. (2010)* realizan una comparación interesante entre los distintos detectores, en donde se concluye que la combinación de los mismos puede ser muy útil para disminuir la tasa de falsos positivos sin comprometer el análisis en tiempo real. Más recientemente, en *Ojha y Sakhare (2015*) se revisan las estrategias generales para la clasificación y el seguimiento de personas en video y en *Kim et al. (2011*) se plantea un método robusto en tiempo real, apto para el seguimiento de objetos a partir de predecir su velocidad y dirección. Además, en *Olivieri et al. (2012*) se describe un método denominado Motion Vector Flow Instance (MVFI), capaz de detectar actividades humanas complejas como "caminar" o "correr" con cámaras estáticas. Considerando las soluciones integrales existentes, en *Gdanks (2011*) se hace una revisión de 18 sistemas de videovigilancia comerciales y un resumen de los algoritmos más utilizados en etapas de detección, seguimiento y clasificación de distintos objetos.

Desde el punto de vista de la arquitectura, Lin et al. (2011) y Hassan et al. (2015) proponen utilizar la nube para resolver la escalabilidad, aunque están orientados únicamente al procesamiento de video, descartando la integración de otros tipos de señales. Pensando en ciudades digitales y sumado al bajo costo de un procesador embebido, es natural que se considere distribuir el análisis de imágenes. Incluso ya existen algunas soluciones comerciales, propuestas por NVidia que utilizan redes neuronales en el mismo hardware. En el trabajo (D'Amato, et al 2018), se ha propuesto una solución con múltiples dispositivos conectados que realizan análisis en el lugar, y que reportan únicamente cuando se detecta una situación anormal.

2.1. Hacia la conversión en una ciudad inteligente

Con el objetivo de poder realizar un plan de transformación de las actuales ciudades, en "ciudades inteligentes", en (*ONTSI 2015*) se realizó un estudio de 200 municipios, a fin de entender el estado actual en dicho país. Como resultado del estudio, se llegó a un diagnóstico general de evolución de dichas ciudades, y se propuso un paquete de herramientas para la transformación digital. Principalmente, el resultado fue el diseño de una cadena de valor para una Ciudad Inteligente, que describe las diferentes actividades y fases a realizar en la transformación de una ciudad. La cadena de valor ha permitido realizar una caracterización de los agentes participantes en dichas Ciudades, distinguiendo entre empresas de distintos rubros tecnológicos, desde infraestructura digital hasta proveedores de plataformas y profesionales de información. Se ha identificado, el rol importante que tienen dichas empresas y en las cuales actualmente contribuyen con el ciudadano en brindarle asistencia digital.

En este contexto, el estado debe poder conjugar las capacidades disponibles y el aprovechamiento propio de las tecnologías y recursos disponibles, pero al mismo

tiempo, permitir que estas empresas puedan brindar nuevos servicios a la ciudadanía. (que no hacen al objetivo/misión de un municipio), preservando principios individuales del ciudadano y bajo una metodología de adopción transparente. La posibilidad de poder ofrecer los nuevos servicios requiere contar con infraestructura digital suficiente para poder crecer en cantidad de usuarios, en calidad de información y en menores tiempo de respuesta. Hoy ciertamente, el control de acceso a la información es potestad del gobierno, a través de sus diferentes dependencias. Por otro lado, esta concentración de responsabilidad hace difícil poder responder a los nuevos desafíos listados. Para lograr un sistema sustentable desde el punto de vista económico y escalable en el tiempo, se propone la idea de un modelo de aprovechamiento de los datos público-privado, asegurando equidad de acceso a la información y seguridad y privacidad de los datos, evitando el mal uso de la información disponible. Con ese fin, se han identificado algunas condiciones que se deben cumplir:

- Acceso controlado a los recursos públicos a partir del registro de "proveedores"
- Pre-procesamiento de los datos, eliminando información que permita una identificación de un individuo o vehículo
- Mecanismo transparente de beneficios del uso de los datos
- Control del flujo de la información interno al gobierno
- Compromiso de beneficio social
- Involucramiento de la sociedad, aportando datos propios

Las empresas, en este contexto, juegan un rol clave, ocupando aquellos espacios disponibles, sin desviar al gobierno de su rol y asegurando que los servicios lleguen a los reales interesados, haciendo toda actividad de gestión comercial propia de su objetivo. En este esquema, también debe idearse un esquema de economía, que beneficie a todas las partes, aunque escapa del alcance de este trabajo. Por último, en base a estos principios, es que se diseña la propuesta de sistema mostrado en la siguiente sección.

3. Identificación y caracterización de servicios digitales

La cantidad de información que generan los sistemas de video-vigilancia es enorme, ya que a partir de las imágenes es posible identificar y caracterizar el comportamiento de la población a partir de inferencias en los puntos de ubicación de las cámaras de video. En tal sentido, esta información permite describir principalmente el tránsito vehicular y peatonal, y detectar toda aquella anomalía en dicho comportamiento. A fin de identificar este comportamiento, es necesario recabar información espacio-temporal de manera continua y poder idear servicios basados en la información que sirvan a los diferentes actores de las ciudades.

Conociendo las capacidades que tiene un sistema de video-seguridad y sumado a los usos que realiza un municipio tipo de dicho tipo de sistema, se propone la caracterización de los servicios, en dos (2) tipos.

- **Para el gobierno**: Son aquellos servicios que competen al gobierno por su rol y que a su vez tienen el objetivo de contribuir a la planificación general (por ej., instalación de un semáforo en una esquina)

- **Para la ciudadanía**: son aquellos servicios que sirven a fines o intereses individuales o grupales, para una mejora o ayuda particular y ocasional

Por otro, en función a la urgencia de la disponibilidad de la información, se proponen también dos (2) sub-tipos:

- **Tiempo real:** eventos que deben ser atendidos en el momento que han sucedido
- **Tiempo diferido**: indicadores que no requieren ser atendidas, sino que sirven con fines estadísticos en las decisiones.

En base a esta primera caracterización, se han identificado diferentes servicios que es posible desarrollar, tal como se muestra en la Tabla 1, dentro de alguna de las dimensiones que definen una ciudad digital:

Destino	Tipo	Requerimiento de respuesta
Servicios para el gobierno	Seguridad	Tiempo real
	Cantidad de vehículos de gran porte	Tiempo diferido
	Eficiencia de los semáforos	Tiempo diferido
	Detección de camiones	Tiempo real
	Concentración de peatones	Tiempo real
	Comportamiento de peatones al cruzar	Tiempo diferido
	Comportamiento del conductor frente al peatón	Tiempo diferido
Servicios para el ciudadano	Detección de estacionamientos libres	Tiempo real
	Detección de animales sueltos	Tiempo real
	Detección de calles averiadas	Tiempo real
	Congestión media por hora	Tiempo diferido

Tabla 1 – Servicios identificados por destinatario y por requerimientos de respuesta.

3.1. Propuesta de arquitectura del sistema y de organización de la información

A fin de poder brindar algunos de los diferentes servicios listados anteriormente, es necesario poder determinar la información que se va a obtener en cada cámara. En particular, a partir del análisis únicamente de la imagen, se obtienen dos tipos de datos, propios de la escena (edificaciones, árboles, iluminación) y propios de los objetos en la escena en un momento dado. En este trabajo nos centraremos en el segundo tipo. En la identificación de objetos en cada momento de tiempo, es posible obtener los iguientes datos individualizados:

- La clase identificada (vehículo, persona, animal)
- Características visuales (forma, color)
- El desplazamiento
- El tiempo de presencia frente a la cámara

En base a estos indicadores básicos, es posible crear otros indicadores contextualizados de acuerdo al servicio que se quiera brindar. Si se desea aplicar a movilidad urbana, es posible crear indicadores tal como *Flujo vehicular por hora, Dirección del movimiento* o incluso *la velocidad del desplazamiento*.

La plataforma propuesta contempla la integración de cámaras IP, junto con herramientas de análisis automático y un gestor de eventos, preservando y controlando el acceso a los datos. Esta funcionalidad se agrupa por capas, una primera capa de gestión de los recursos tecnológicos que son gestionados en principio por el gobierno y luego cada una de las capas de transformación de la información En la Figura 2, se muestran los diferentes componentes de la arquitectura. Esta arquitectura fue propuesta originalmente en *D'amato et al., (2016)* y ahora se reformula para soportar un nuevo esquema de acceso a la información, basada en servicios.

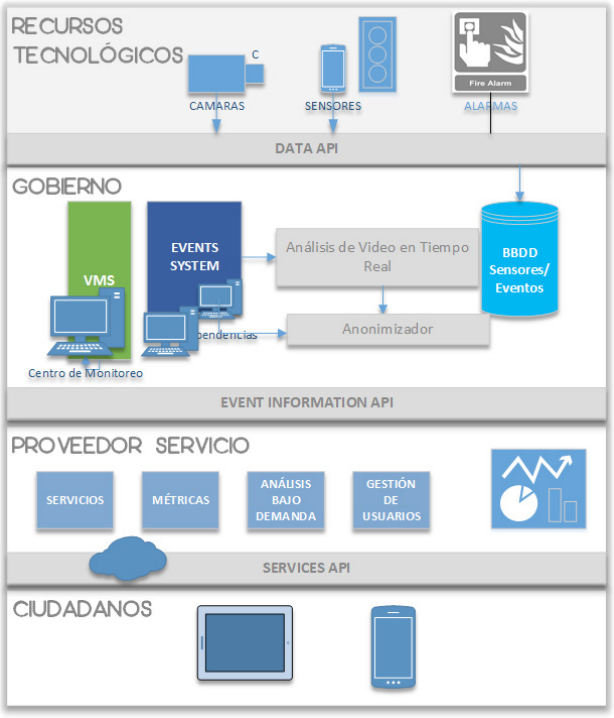


Figura 2 – Arquitectura en capas de los servicios provistos

En esta nueva arquitectura, todas las cámaras y demás recursos, como sensores o alarmas, se acceden a través de una API, la cual de momento es de acceso restringido al gobierno. Esta situación estratégica de punto intermedio le permite ofrecer diversas funcionalidades: control de acceso, registro del tráfico, restricción a determinados tipos de recursos, mejora de rendimiento, anonimato de la comunicación, etc. Las cámaras y sensores generan nuevos flujos de datos que ingresan a la plataforma a través de aun

API de datos, que luego es procesada por gestores de Videos o plataformas de Sistemas de Eventos.

A continuación, se realiza un análisis de dichos datos, principalmente los algoritmos de clasificación y caracterización de objetos pueden ser de múltiples tipos y con diferentes objetivos. Desde algoritmos más simples de clasificación por la forma y tamaño, hasta otros específicos como detectores de patentes y rostros. Cada algoritmo tiene una complejidad computacional diferente y utilizan diferentes características de las imágenes observadas. En cualquiera de los casos, lo que se pretende es poder describir un objeto con el mayor detalle posible. Al finalizar el proceso, en caso que sea necesario, se propone realizar una etapa de anonimizarían (por ejemplo, ocultando patentes o caras visibles de personas), se registran temporalmente estos datos, en caso que haga falta, y se ponen a disposición también a través de una API de Eventos, basada en tecnología REST. Entre ambas capas se gestiona el tipo de servicio, ya sea si es estadístico o en tiempo real. Los datos se intercambian en formato JSON, tal como se muestra en la Fig. 3.

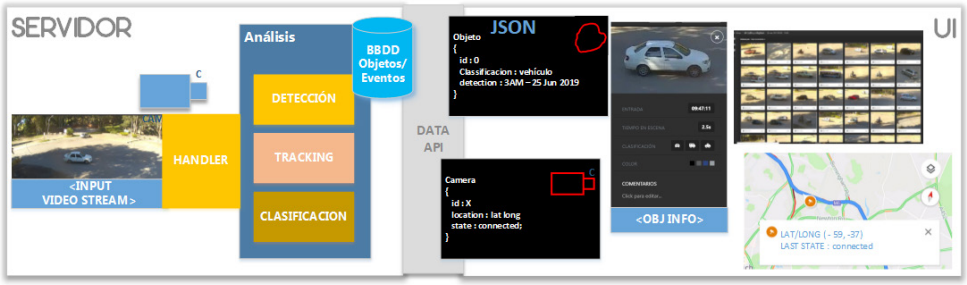


Figura 3 – Componentes del servidor y de la vista en un caso de instanciación.

A través de esta API, los diferentes proveedores de servicios cuentan con la información de cada objeto detectado, con el momento y ubicación de su detección. En la capa del proveedor del servicio, se debe gestionar toda aquella funcionalidad que haga a este rol: generación de estadísticas, gestión de usuarios, visualización de los datos, datos históricos, registros de servicios o alertas, entre otros. También recae en esta capa, todo aquello que signifique interacción con el usuario a través de interfaces WEB o Aplicaciones móviles. La infraestructura para desplegar esta capa puede ser realizada con tecnología Cloud, pensando en una mayor escalabilidad y facilidad de conexión.

3.2. Generación de información en tiempo real y distribución del procesamiento

El primer paso para la detección de eventos es poder determinar si hubo o no movimiento a partir de una serie de imágenes. Este problema es análogo al problema de sustracción de fondo, que calcula la variación entre imágenes consecutivas (Shaikh et al. 2014). Los métodos varían en complejidad computacional y eficacia del resultado. Actualmente, en la plataforma se utilizan variantes de VIBE (Bouwmans et al., 2014), ya que este algoritmo permite descartar movimiento continuo, como por ejemplo el movimiento de

las hojas de los árboles. Cuando las cámaras son exteriores, se suceden otros factores que además varían dependiendo del momento del día, la nubosidad y la época del año..

Existen múltiples algoritmos especialmente desarrollados para la detección de personas y vehículos. Muchos de estos algoritmos son de código abierto y otros a través del uso de librerías de terceros. Los algoritmos varían en velocidad, precisión, y tipo de datos necesarios. Algunos utilizan una imagen del video, otros una secuencia de imágenes, o en algunos casos sólo alguna información como el movimiento realizado. El resultado es una caracterización más detallada del objeto, que permite una mejor clasificación. Para la clasificación de estos objetos, utilizamos dos (2) configuraciones: una utilizando solo redes convolucionales basadas en el trabajo de *Redmon, Farhadi (2018)*, y otro una combinación de object-tracking con estas redes convolucionales (D'Amato et al 2018). Por cada nuevo objeto detectado en tiempo real, se genera un mensaje asociado a un tópico. A este se le asocia una imagen que lo representa y el tiempo de captura, en caso de que se deba acceder al flujo de video para ubicarlo. Este tópico se almacena en la base de datos y se pone disponible a través de la API con un identificador único. Las salidas de estos algoritmos se almacenan y transmite en formato JSON. Cada mensaje de respuesta viene asociado con información del algoritmo que lo realizó, tal como el tipo de análisis, el tiempo de respuesta y la confiabilidad del resultado.

4. Análisis y resultados

En base a esta arquitectura, actualmente se están desarrollando dos (2) aplicaciones. El cliente de una de estas aplicaciones son las fuerzas policiales, el poder judicial y otras instituciones gubernamentales externas al Municipio que utilizan la información como herramienta de diagnóstico y búsqueda eficiente. También, se está desarrollando otra aplicación, con la misma base, para generar estimadores de movilidad urbana, que es utilizada por los organismos encargados del planeamiento y organización del tránsito urbano. Las aplicaciones se desarrollan utilizando tecnología WEB, tal como AngulaJS® para la visualización, siendo multi-plataforma y adaptable a los diferentes dispositivos. Dicha aplicación consume una API Rest propuesta por este equipo, para obtener los datos. La aplicación cliente cuenta con interfaces gráficas para acceder, consultar datos históricos y herramientas gráficas para manipular las búsquedas. De momento, el acceso a los datos se encuentra centralizado en el gobierno. Para poder estimar el costo de contar infraestructura (equipamientos de procesamiento), para ofrecer estos servicios realizamos una evaluación de la capacidad de proceso que tiene actualmente un servidor. A continuación, generamos diferentes ejemplos de servicios a partir de los datos hoy disponibles en la plataforma.

4.1. Evaluación del esfuerzo para el procesamiento

Con el fin de analizar la factibilidad de la distribución del procesamiento, se realizaron diversas pruebas con diferentes equipamientos:

- Conf. 1: instancias virtuales en servidor Xeon E5 20 a 1.7GHZ.
- Conf. 2: PC Intel i5-7300HQ a 3.0 GHZ con placa gráfica GTX1050.
- Conf. 3: PC Intel i7-7800 a 3.5 GHZ con placa gráfica GTX1060

En esta prueba, se buscó evaluar el impacto de diferentes configuraciones de hardware y dos configuraciones de redes neuronales Convolucionales, con mayor velocidad, pero menor precisión y viceversa. En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos, aplicados a 1000 frames consecutivos de un video. Para la clasificación, se utilizaron dos algoritmos: uno propio basado en tracking y sustracción de fondo con clasificación usando una red neuronal y una adaptación propia de la biblioteca YOLO para la clasificación de los objetos usando OpenCL. Se utilizaron cámaras de alta resolución (1920x1080).

Configuración	FPS CNN Yolo	FPS Vibe +CNN
High PC – no GPU	1,2	43
Middle PC – middle GPU	2,9	75
High PC – High GPU	5,4	124

Tabla 2 – Cómputo de la cantidad de procesamiento por segundo

A su vez, se midió la tasa de detección de objetos de nuestra red con tracking (Vibe + CNN), obteniendo una tasa de detección del 85.5%, mientras que la red Yolo fue del 97.5% aproximadamente. En este segundo caso, la tasa de acierto es muy alta y es efectiva cuando existen gran cantidad de objetos de manera simultánea en la escena. Por otro lado, nuestro algoritmo sirve cuando la cantidad de objetos en escena es relativamente baja. La cantidad de frames por segundo que puede procesar un equipo indica a la infraestructura necesaria para el procesamiento. Si se desea realizar procesamiento en tiempo real, se requieren por lo menos 20 FPS. Por lo que una PC de alto desempeño (configuración 3) puede llegar a procesar aproximadamente 6 cámaras de manera simultánea, mientras que un servidor virtualizado sólo puede procesar hasta 2 cámaras por cada instancia. Se requiere una combinación de técnicas para poder dar servicios en tiempo real, o sacrificar calidad en la detección.

4.2. Generación de servicios de movilidad

Utilizando la configuración de más precisión, se crearon diferentes indicadores que sirven para caracterizar la ubicación de una cámara. Se propusieron dos situaciones de análisis diferente, y se generaron diferentes indicadores que sirven en los diferentes servicios. Los casos propuestos son:

- Caso 1: calle de alto tránsito en el centro de la ciudad
- Caso 2: ruta a la salida de la ciudad.

Se generaron los siguientes indicadores estadísticos, a fin de validar que permiten la caracterización de diferentes ubicaciones y comportamientos. Primero, una vista de mapa de calor, lo que tiene un valor cualitativo (ver figura 3) y el equivalente por hora.

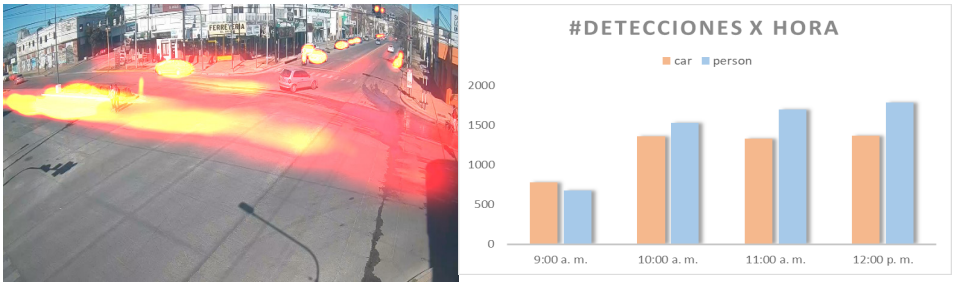


Figura 3 – **(**izq**)** Mapas de calor (der) Tránsito discriminado por hora por clase

Al mismo tiempo, representamos la concentración de objetos por su clase, en los dos casos. Las clases principales son: auto, persona, animales, bus, camión, motocicleta y otros. Las proporciones de cada clase se observan en la Figura 4.

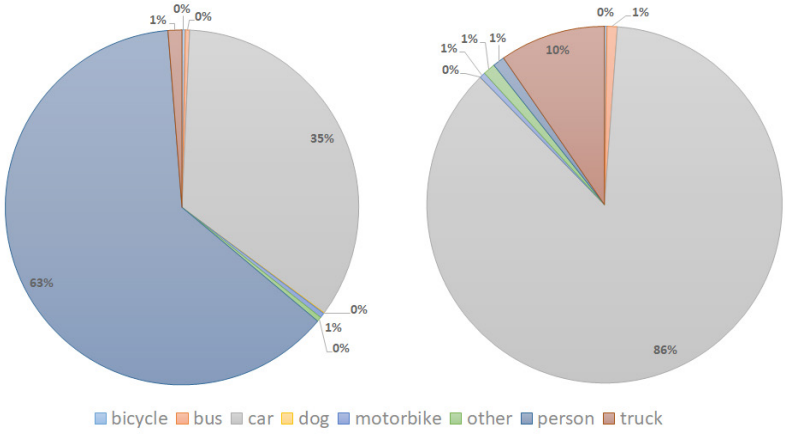


Figura 4 – Concentración de objetos por su clase (izq) Caso 1 (derecha) Caso 2.

En dichas representaciones, es notorio la concentración de las diferentes clases, lo que ayuda a caracterizar una ubicación. En el **caso 1**, se observa una alta concentración de personas, y una menor del resto de los vehículos, pero aparecen casos de animales sueltos. Por otro lado, en el **caso de la ubicación 2**, hay una mayor concentración de los diferentes vehículos, con menor o nula situación de personas o animales.

5. Conclusiones

En este trabajo se presentó la idea de generar servicios basados en información para ciudades inteligentes a partir del uso de datos extraídos en video-cámaras. Para eso, se ideo una arquitectura que integra los diferentes integrantes: empresa, gobierno y ciudadanía y una plataforma distribuida para la gestión de múltiples cámaras y sensores.

La plataforma contempla la definición de una API que permita integrar aplicaciones externas.

Desde el punto de vista técnico, se mostró que, para obtener una plataforma funcional, se requiere combinar algoritmos eficientes. La configuración final de la plataforma depende de qué se priorice: o bien reducir el tiempo de respuesta o bien la confianza en los resultados. El manejo de esta información tiene un impacto en el esfuerzo computacional, y a su vez, en la infraestructura que se debe gestionar. Esta información puede ayudar en la ubicación o configuración de semáforos inteligentes, para definir políticas de bandas horarias para zonas de peatones, entre otras. A su vez, la tipificación de concentración de tipos de vehículos sirve con fines comerciales. Por otro lado, existen cuestiones a profundizar, tal como los mecanismos para acceder estos datos, de manera de asegurar la privacidad de los datos, y evitar su utilización con fines delictivos. Como trabajos futuros, se pretende continuar, ampliando las posibilidades y combinando recursos de diferente tipo, tal como la integración con semáforos o iluminación.

Agradecimientos

Este proyecto ha utilizado datos obtenidos en el marco de colaboración Univ. del Centro (UNCPBA) y Municipio de Tandil, Argentina. A su vez, ha recibido subsidios de la CICPBA, y el subsidio joven investigador 2016, CONICET (Argentina).

Referencias

Agrawal, H.; Mathialagan, C. S.; Goyal, Y.; Chavali, N.; Banik, P.; Mohapatra, (2015).“CloudCV:Large Scale Distributed Computer Vision as a Cloud Service”. En Hua, G. y Hua, X. Mobile Cloud Visual M.C.Springer , pp. 265-290.

Bouwmans, D.; Porikli, F.; Hoferlin, B. y Vacavant, A. (2014). Background Modeling and Foreground Detection for Video Surveillance. Londres: Chapman and Hall.

Carrión, F.; Pontón, C. y Armijos, B. (2009). 120 Estrategias y 36 experiencias de seguridad ciudadana. Quito: Flacso.

D’Amato, J.P., Negri, P. Lotito, P. (2011) Estimating the Queue Length to Optimize the Green Time for an Urban Traffic Control System. III Congreso MACI, Argentina.

D’amato J. P.; Domínguez, L.; Pérez A. y Rubiales A. (2016). “Plataforma abierta de gestión de cámaras IP y aplicaciones móviles para la seguridad civil ciudadana”. RISTI- Ibérica de Sistemas e Tec. Inf., vol. 20, pp. 48-61.

D’amato J. P.; Domínguez, L.; Pérez A., Rubiales A., R. Barbuzza, F. Stramana (2018) Video Analytics on a Mixed Network of Robust Cameras with Processing Capabilities”, Advances in Intelligent Systems and Computing book series (AISC, volume 745)

Dammert, L.; Salazar, F.; Montt, C. y González, P. (2010). Crimen e inseguridad: indicadores para las Américas. Washington DC: FLACSO-Chile/BID.

Gdanks, Ku (2011). "Deliverable 2.1. Review of existing smart video surveillance systems capable of being integrated with ADDPRIV project". Recuperado de <http://www.addpriv.eu/uploads/.../GDANSK_Scoreboard_R11.pdf>.

Hall, D.; Nascimento, J. y Ribeiro, P. (2005). "Comparison of Target Detection Algorithms Using Adaptive Background Models". En: 2005 IEEE Int. W. on Visual S. and Performance Evaluation of Tracking and S.. IEEE, pp 113–120.

Hassan, M. M.; Hossain, M. A.; Abdullah-Al-Wadud, M.; Al-Mudaihesh, T.; Alyahya, S. y Alghamdi, A. (2015). "A Scalable and Elastic Cloud-Assisted Publish/Subscribe Model for IPTV Video Surveillance System". Cluster Computing, vol. 18, pp. 1539-1548.

Ixmatlahua, S. D.; Raygoza, R. O.; Romero, O.; Uribe, F. y Vargas, E. J. (2015). "Metrópoli digital: una plataforma web para la inclusión integral de las PyMES, soc. y gob. en el uso de las tecnologías de la información en la región de las altas montañas del estado de Veracruz, México". RISTI, n.º 3, pp. 43-54.

Hanxi Li, Yi Li, Fatih Murat Porikli (2016) DeepTrack: Learning Discriminative Feature Representations Online for Robust Visual Tracking. IEEE transactions on image processing , DOI:10.1109/TIP.2015.2510583

Kessler, G. (2009). El sentimiento de inseguridad: sociología del temor al delito. Buenos Aires: Siglo XXI.

Kim, J. S.; Yeom, D. H. y Joo, Y. H. (2011). "Fast and Robust Algorithm of Tracking Multiple Moving Objects for Intelligent Video Surveillance Systems". IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 57, n.º 3, pp. 1165-1170.

Mahjoub, M.; Mdhaffar, A.; Halima R. B. y Jmaiel M. (2011). "A Comparative Study of the Current Cloud Computing Technologies and Offers". En *2011 First Int. Symposium on Network Cloud Computing and Apps*. IEEE, pp.131-134.

Ojha, S. y Sakhare, S. (2015). "Image processing techniques for object tracking in video surveillance - A survey". En: 2015 International Conference on Pervasive Computing (ICPC), pp. 1-6. doi: 10.1109/PERVASIVE.2015.7087180

Olivieri, D. N.; Conde, I. G. y Sobrino, X. A. V. (2012). "Eigenspace-based Fall Detection and Activity Recognition from Motion Templates and Machine Learning". Expert Systems with Applications, vol. 39, n.º 5, pp. 5935-5945.

ONTSI (2015a). Estudio y Guía metodológica sobre Ciudades Inteligentes. Recuperado de: http://www.ontsi.red.es/ontsi/es/estudios-informes/..

Redmon, J. Farhadi, A. (2018) YOLOv3: An Incremental Improvement, ArXiv, https://arxiv.org/pdf/1804.02767

Shaikh, S. H.; Saeed, K. y Chaki, N. (2014). Moving Object Detection Using Background Subtraction. Berlín: Springer International Publishing.

Smart city framework – Guide to establishing strategies for smart cities and communities. BSI Standards Publications. PAS 181:2014. Feb. 2014

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 14/10/2019
Aceitação/Acceptance: 19/12/2019

Um Levantamento Bibliográfico sobre Arquitetura Corporativa com TOGAF e Mineração de Processos no Apoio à Mudança Organizacional em Projetos de Tecnologia da Informação

Marcio Romero[1], Renato José Sassi[2], João Rafael Gonçalves Evangelista[3], Dacyr Dante de Oliveira Gatto[4]

mromero@uni9.pro.br, sassi@uni9.pro.br, jrafael@uninove.edu.br, dacyr.gatto@uni9.pro.br.

[1, 2, 3, 4] Universidade Nove de Julho, Rua Vergueiro 235, 01504-001, São Paulo, Brasil

Pages: 579–591

Resumo: Durante a implantação de projetos de Tecnologia da Informação, a adaptação às mudanças é um fator determinante para seu sucesso. Em empresas de grande porte, pode existir um dificultador para mapeamento dos impactos: a quantidade de processos. A Arquitetura Corporativa, com o framework TOGAF, auxilia nessa implantação ao ampliar a visão da TI, e a Mineração de Processos permite sua descoberta e melhoria, via extração do conhecimento dos Sistemas de Informação. O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento bibliográfico sobre a aplicação da Arquitetura Corporativa, com o framework TOGAF, e da Mineração de Processos no apoio à mudança organizacional em projetos de TI. O levantamento bibliográfico foi realizado nas seguintes bases de dados: CAPES, Google Scholar, IEEE Xplore, SciELO, ScienceDirect e Spell. A análise dos resultados evidenciou que os três métodos combinados podem contribuir na implantação de projetos de TI e auxiliar no mapeamento e na orquestração das mudanças.

Palavras-chave: Arquitetura Corporativa; Gestão de Mudança Organizacional; Mineração de Processos; TOGAF.

A Bibliographical Survey on Enterprise Architecture with TOGAF and Process Mining to Support Organizational Change in Information Technology Projects

Abstract: During the implementation of Information Technology projects, adaptation to changes is a determining factor for the success. In large companies, there may be a difficulty in mapping the impacts: the number of processes. Enterprise Architecture with the TOGAF framework can help by enabling broad insight into IT, and Process Mining enables process discovery and improvement through knowledge extraction from Information Systems. The aim of this paper was to conduct a bibliographic survey on the application of Enterprise Architecture with the TOGAF framework and Process Mining to support of organizational

change in IT projects. The bibliographic survey was conducted in the following databases: CAPES, Google Scholar, IEEE Xplore, SciELO, ScienceDirect and Spell. The analysis of the results showed that the three methods combined can contribute to the implementation of IT projects and help in the mapping and orchestration of changes.

Keywords*:* Enterprise Architecture; Organizational Change Management; Process Mining; TOGAF.

1. Introdução

Para implantar um projeto de TI, é necessário reestruturar a forma como a empresa irá lidar com os impactos. A mudança organizacional auxilia no processo de reestruturação e evolução das empresas, ao focar no planejamento, no alinhamento de expectativas, no aprendizado e na mitigação de impactos (Schultz; Mattor; Moseley*,* 2016; Akbar *et al.*, 2018; Mogolole; Jokonya, 2018).

Umas das dificuldades dos gestores de organizações que vivenciam a implantação de projetos de Tecnologia da Informação (TI) é não possuir uma visão sistêmica dos impactos e processos, o que pode levar ao insucesso do projeto (Miller, 2012; Sjögren; Fagerström, 2015; Sebestyena, 2017).

Neste contexto, surge a necessidade de um modelo que possibilite o planejamento, o mapeamento e o acompanhamento das mudanças de forma orquestrada e com uma visão ampla dos processos (Sharon; Dori, 2014).

Dentre os métodos de gestão existentes, a Arquitetura Corporativa (AC) se apresenta como uma alternativa que pode contribuir para o tratamento dos impactos, pois ela ajuda a empresa durante a mudança organizacional, ou seja, na incorporação de novas formas de gestão, na adaptação às recentes tecnologias, e na facilidade de adoção de novos processos de inovação (Belloquim, 2009; Zhang; Chen; Luo*,* 2018).

A decomposição da empresa em partes gerenciáveis, a definição dessas partes, e a orquestração da interação entre elas constituem o que se denomina de AC, um método que permite controlar, de forma integrada, a estruturada das organizações, seus processos, suas aplicações, seus sistemas e suas técnicas (Iyer; Gottlieb, 2004; Lankhorst, 2009; Lakhrouit; Baïna, 2015).

Um dos frameworks de AC mais utilizados é o *The Open Group Architect Framework,* cujo acrônimo é TOGAF (Jong *et al.*, 2019). O TOGAF é um framework que provê uma abordagem global para design, planejamento, implementação e governança de uma arquitetura corporativa; esse guia auxilia a gestão de TI a promover a real evolução dos serviços, em detrimento das necessidades de negócio, fornecendo um conjunto detalhado de métodos e ferramentas (Zachman, 1987).

Uma dificuldade no processo de gestão de mudança organizacional, causada pela implantação de projetos de TI, está ligada não só ao aspecto das falhas de implementação, como está associada também à necessidade do alinhamento estratégico e do conhecimento dos processos.

A mineração de processos pode contribuir nesse sentido, uma vez que permite a descoberta, o monitoramento e a melhoria dos processos, por meio da extração de conhecimentos armazenados nos registros de eventos disponíveis em diversos sistemas de informação (Krogh, 2018).

O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento bibliográfico sobre a aplicação da Arquitetura Corporativa, com o framework TOGAF, e da Mineração de Processos no apoio à mudança organizacional em projetos de TI.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Arquitetura Corporativa e Mudança Organizacional

O ganho das empresas que investem na gestão de mudanças, para acompanhar a implantação de um projeto de TI, é justamente a visão da equipe sobre o que acontece atualmente na empresa, isto é, o que o novo sistema traz e quais as melhores soluções para fazer com que uma transição ocorra de maneira tranquila e segura para a organização (Sharon; Dori, 2014, Efe; Demirors, 2019).

Quanto mais informação a equipe possuir sobre os processos, as áreas, as tecnologias e os equipamentos da empresa, maior será a probabilidade de sucesso no momento de estruturar as ações de mitigação de impactos (Hu; Liu, 2008; Morozov *et al.,* 2017).

A decomposição da empresa em partes gerenciáveis, a definição dessas partes, e a orquestração da interação entre elas constituem o que se denomina de Arquitetura Corporativa (AC), ou seja, trata-se de um método que procura descrever e controlar, de forma integrada, a estrutura das organizações, seus processos, suas aplicações, seus sistemas e suas técnicas (Lankhorst, 2009; Iyer; Gottlieb, 2004).

A AC teve início em 1987, com a publicação do artigo "*A Framework for Information Systems Architecture*", escrito por J. A. Zachman, no IBM Systems Journal (Zachman, 1987).

A Arquitetura Corporativa mapeia não só o que existe hoje, como também o que é necessário no futuro, para que a estratégia da organização possa ser implementada. Por fim, o processo também leva os arquitetos a fazerem uma análise entre o que existe atualmente e o que deveria existir (Belloquim, 2009). No trabalho de Romero e Sassi (2019), tal análise pode ser observada.

Esse método pode ser um recurso importante para a organização no sentido de encontrar melhores maneiras de se usar a tecnologia para apoiar os processos de negócios críticos, por meio do alinhamento de TI com o alinhamento estratégico da empresa. Além disso, pode ser um recurso significativo para a organização no momento de buscar melhores maneiras de se usar a tecnologia para apoiar seus processos de negócios, uma vez que é possível ter uma visão geral, como se tivesse uma planta da empresa (Elzinga, 2005; Ross; Weill; Robertson, 2008; Weill; Ross; Robertson, 2006).

A AC define os componentes da organização, bem como as relações entre eles. Segundo Zachman (1987), esses componentes são constituídos por: (1) Estratégia: decisões e

recursos necessários para se atingir os objetivos; (2) Pessoas: recurso humano, habilidades e forma de utilizá-las; (3) Estrutura organizacional: organização hierárquica e geográfica; (4) Funções: tarefas e processos organizacionais; (5) Informação: conhecimento e dados utilizados; e (6) Infraestrutura: equipamentos, métodos e ferramentas necessários.

Um dos frameworks mais utilizados pelas empresas que adotam a prática de AC é o TOGAF (*The Open Group Architecture Framework*), que consiste em uma arquitetura padrão que pode ser usada por qualquer organização que pretenda desenvolver uma arquitetura de sistemas de informação (Chase, 2006; TOGAF, 2019).

O TOGAF é um framework desenvolvido e mantido pelo *The Open Group*, entidade sem fins lucrativos composta, em sua maioria, por empresas de serviços de TI, tais como IBM, SAP e HP (Belloquim, 2009). Esse framework fornece um prático, prudente e eficaz método de desenvolvimento de uma arquitetura corporativa, sendo composto por três partes fundamentais (TOGAF, 2019):

- O TOGAF *Architecture Development Method* (ADM), que explica como derivar uma arquitetura corporativa específica que atenda aos requisitos do negócio;
- A *Continum Enterprise*, que é um repositório "virtual" de todos os ativos de modelos, padrões e descrições de arquitetura;
- O TOGAF *Resource Base*, que é um conjunto de recursos, como diretrizes, modelos, antecedentes, etc., para ajudar o arquiteto na utilização do ADM.

A ideia de processo na AC é determinar o conjunto de melhores práticas, focadas na melhoria do desempenho, através da estruturação das informações e visões integradas da estratégia, do negócio, dos processos, dos sistemas e das tecnologias, gerando assim uma estrutura de documentação centralizada em repositório que permita agilidade e segurança durante as mudanças de TI com foco no negócio.

2.2. Mineração de Processos

As empresas atuam em um ambiente de inovação e de constante mudança para garantir sua sobrevivência e atender às necessidades regulatórias e de seus clientes. Os processos de negócios têm um papel essencial neste contexto, por isso, tal assunto tem recebido atenção especial dos pesquisadores. Um processo de negócio consiste em uma série de atividades que podem ser realizadas com o apoio de um sistema de informação (Dumas *et al.*, 2018).

As organizações estão gradualmente transferindo o controle da execução de seus processos de negócios aos sistemas de informação, gerando uma vasta quantidade de informações sobre a execução de atividades e proporcionando o alinhamento com os processos organizacionais (D'Castro; Oliveira; Terra, 2018; knoll; Waldmanna; Reinhart, 2018).

Ter acesso a essa vasta quantidade de informações, geralmente fornecida por empresas de grande porte, torna-se um desafio para as organizações, que têm de buscar uma solução que contribua para a organização, a estruturação e a inter-relação desses processos.

Para suprir essa lacuna, nos últimos anos, surgiu a Mineração de Processos, que visa auxiliar na identificação e análise de processos empresariais, com base nas informações registradas nos sistemas de informação (Tadanai; Tanuska, 2015).

As técnicas de mineração são capazes de extrair conhecimento de logs de eventos disponíveis nos sistemas de informações. Além disso, oferecem novos meios para descobrir, monitorar e melhorar os processos. Existem dois fatores para o crescente interesse na mineração de processos; o primeiro é oriundo da geração dos eventos e fornece informações detalhadas sobre o histórico dos processos. O segundo está correlacionado com a necessidade de melhorar e apoiar os processos de negócios em ambientes de constantes mudanças (Van Der Aalst *et al.*, 2012).

A mineração de processos inclui a descoberta (automatizada) de processos, por exemplo: extração de modelos de processos de um log de eventos, verificação de conformidade, mineração de rede/organização social, construção automatizada de modelos de simulação, extensão de modelos, previsão de casos, modelos de reparo e recomendações baseadas em histórico (Huang *et al.*, 2018).

3. Metodologia

A metodologia de pesquisa adotada neste trabalho foi definida como bibliográfica, a qual é elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos de periódicos e, atualmente, de conteúdo disponibilizado na Internet.

A primeira etapa da pesquisa consistiu na seleção dos temas centrais a serem pesquisados. A saber: *Enterprise Architecture*, TOGAF, *Process Mining* e *Organizational Change Management*. Os temas *Project Management* e *Information Systems* foram considerados secundários e, portanto, excluídos do levantamento.

Em seguida, para o levantamento bibliográfico, foram selecionadas as seguintes bases de dados: CAPES, Google Scholar, IEEE Xplore, SciELO e ScienceDirect, em função de sua importância para o mundo acadêmico. Os artigos foram escolhidos com base em sua relevância, sua atualidade, seu conteúdo e sua abrangência, e incluídos em um recorte temporal de 1987 a 2019. Justifica-se a escolha desse recorte uma vez que as principais publicações sobre o assunto começaram a surgir a partir de 1987, juntamente com o tema Arquitetura Corporativa (Zachman, 1987).

A coleta de dados ocorreu entre fevereiro e abril de 2019, por meio do acesso virtual às bases de dados selecionadas. A busca ocorreu diretamente nos catálogos dessas bases, onde as produções científicas são agrupadas e organizadas. O critério adotado foi buscar os temas centrais em conjunto, isto é, *Enterprise Architecture*, TOGAF, *Process Mining* e *Organizational Change Management*. A seguir, a busca foi realizada em pares, e, por último, com os termos isolados.

Na sequência, foi realizada uma análise mais aprofundada de todo o material coletado, e iniciou-se um processo de separação por: (1) análise temporal: para evidenciar a periodicidade das produções citadas nas publicações encontradas; e (2) seleção geográfica: para identificar a localização das publicações sobre os temas pesquisados e sua classificação.

Para o desenvolvimento do mapa de termos centrais e suas correlações, utilizou-se o software Mendeley (disponível em: https://www.mendeley.com) para importar os artigos levantados e, assim, exportar um arquivo .RIS. Esse arquivo possibilitou a implementação de recursos de citações e bibliografias em outros softwares, e é composto

por cabeçalhos que contêm informações como: título, data de publicação, autor, editora, bem como os números das páginas inicial e final.

Após a exportação do arquivo .RIS pelo Mendeley, importou-se o arquivo para o software VOSviewer para, assim, criar um mapa de conexões por palavras-chave. O VOSviewer (disponível em: https://www.vosviewer.com) é um software para construção e visualização de mapas e conexões para bibliometrias. Também aqui foi utilizado como padrão as palavras em inglês, uma vez que as publicações estavam nesse idioma.

A plataforma de hardware utilizada na pesquisa foi um computador com processador Intel® Core™ i7 de 2,70 GHz com 8,00 GB de memória RAM DDR3, 500 GB de disco rígido e sistema operacional Windows 10 de 64 bits. Para tabular os resultados encontrados, utilizou-se o software Microsoft Excel 2016.

4. Análise e Discussão dos Resultados

Como citado anteriormente, o critério adotado para fazer o levantamento das publicações foi o de selecionar, em primeiro lugar, aquelas cujos temas centrais aparecessem de forma conjunta na mesma publicação, ou seja, *Enterprise Architecture*, TOGAF, *Process Mining* e *Organizational Change Management*. No entanto, não foram encontradas publicações com essa relação. Em seguida, partiu-se para as publicações que possuem relação entre os temas centrais, por meio de uma busca em pares e, por fim, de forma isolada. Assim, foram selecionadas 81 publicações, conforme demonstrado na Tabela 1.

Bases de dados	**Número de publicações**
CAPES	3
Google Scholar	33
IEEE	30
SciELO	6
ScienceDirect	6
Spell	3
Total	**81**

Tabela 1 – Publicações por base de pesquisa

Com base na Tabela 1, a análise dos resultados permitiu verificar a concentração de publicações dos temas centrais no Google Scholar e IEEE Xplore, totalizando 63 obras em um total de 81.

Em seguida, realizou-se a análise temporal para identificar a elasticidade de tempo das publicações com resultados em valores percentuais. Os resultados estão apresentados na Tabela 2.

Ano da publicação	Quantidade de publicações	Percentual de publicações
1997	1	1,23%
1998	1	1,23%
1999	1	1,23%
2003	1	1,23%
2004	1	1,23%
2005	2	2,47%
2006	1	1,23%
2007	3	3,70%
2008	5	6,17%
2009	2	2,47%
2010	3	3,70%
2011	4	4,94%
2012	5	6,17%
2013	7	8,64%
2014	7	8,64%
2015	10	12,35%
2016	12	14,81%
2017	9	11,11%
2018	5	6,17%
2019	1	1,23%
Total	**81**	**100%**

Tabela 2 – Resultado temporal das publicações em valores percentuais

Com base na análise temporal das publicações, verificou-se que a concentração de trabalhos, sobre os temas centrais selecionados, ocorreu no período entre 2015 e 2017, sendo que, em 2016, encontra-se a maior quantidade de publicações, com 14,81%. Não foram encontradas publicações em 2000, 2001 e 2002, portanto, esse período não aparece na tabela.

Conforme a Tabela 2, pode-se verificar que a soma das publicações dos anos de 2015, 2016 e 2017 chega a 31 em um total de 81 publicações, o que pode indicar o aumento do interesse pelos temas centrais da pesquisa nesse período. Como já comentado, a pesquisa foi realizada até o mês de abril de 2019, o que pode justificar apenas uma obra relacionada nesse ano.

Desde sua criação, em 1987, a tendência é de aumento na quantidade de publicações sobre os temas *Enterprise Architecture* e TOGAF. Nessa escala, foram consideradas as

datas das publicações que abordam um ou dois dos temas centrais, pois, se separarmos o termo *Organizational Change Management*, pode ocorrer uma distorção nessa escala, uma vez que o tema vem sendo explorado há mais tempo.

Nota-se ainda uma tendência de acréscimo na quantidade de publicações a partir de 2012, o que vem se mantendo ao longo dos anos, tendo o seu ápice no ano de 2016.

A seguir, foi realizada a classificação geográfica para identificar onde se localiza a concentração das publicações referentes aos temas centrais, conforme Tabela 3.

País de origem da publicação	**Quantidade de publicações**
África do Sul	2
Alemanha	3
Austrália	2
Brasil	12
Camarões	1
Canadá	1
Chile	3
China	5
Colômbia	2
Coreia do Sul	4
Cuba	1
Emirados Árabes Unidos	1
Equador	1
Espanha	1
Estados Unidos da América	17
Finlândia	1
França	1
Holanda	7
Hungria	1
Indonésia	3
Inglaterra	1
Irã	2
Itália	1
Japão	1
Letônia	2
Portugal	1
Rússia	1
Turquia	1
Ucrânia	1
Venezuela	1
Total	**81**

Tabela 3 – Classificação geográfica

Como demonstrado na Tabela 3, ficou evidente que a maior concentração das publicações ocorreu nos Estados Unidos da América. Os temas centrais vêm sendo usados tanto pelo setor público (órgãos governamentais) quanto no setor privado do país, o que pode justificar essa concentração. A Europa se tornou a segunda região com maior concentração, quando somados todos os países do continente. No Brasil, foi possível identificar 12 publicações, o que pode ser considerado como relevante se comparado com os demais continentes, com exceção do europeu e do norte-americano.

O provável motivo dessa concentração pode estar na quantidade de empresas de tecnologia distribuídas pelo Brasil. Percebe-se ainda um aumento de publicações em países da América Latina, conforme evidenciado na Tabela 3.

Entre as diferentes análises, também foi realizada a classificação das publicações por tipo de pesquisa, onde destaca-se uma concentração da pesquisa bibliográfica, conforme é possível observar na Tabela 4.

Classificação das publicações	Quantidade de publicações
Bibliográfica	45
Estudo de caso	14
Estudo exploratório	11
Experimental	6
Pesquisa-ação	4
Survey	1
Total	**81**

Tabela 4 – Classificação das publicações por tipo de pesquisa

Essa classificação teve como objetivo identificar como os temas centrais têm sido tratados nas publicações. Como evidenciado na Tabela 4, nota-se que a maioria das pesquisas tem embasamento bibliográfico, seguido pelos estudos de caso e exploratório. Pode-se justificar essa concentração de obras reunidas em pesquisa bibliográfica devido à necessidade de material de consulta acerca dos temas centrais. Já o estudo de caso e o exploratório se justificam pela aplicação da temática nas organizações.

Temática e aspectos comuns	Quantidade de publicações
Análise comparativa	9
Análise teórica	1
Bibliográfica	1
Ferramenta	28
Gerenciamento	29
Implantação	11
Visão geral	2
Total	**81**

Tabela 5 – Temática e aspectos comuns das publicações

Complementando essa análise, também foram identificados a temática e os aspectos comuns das publicações, conforme Tabela 5.

Os temas mais recorrentes nas publicações são “gerenciamento” e “ferramentas”. Durante o levantamento, constatou-se que algumas publicações abordam os dois temas de forma correlacionada. Após a análise dos resultados, foi gerada a rede de conexões para mapear as principais correlações dos temas abordados nas publicações, conforme ilustrado na Figura 1.

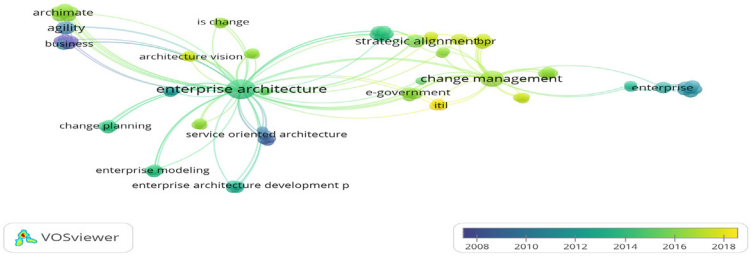


Figura 1 – Rede de conexões para mapeamento dos temas centrais nas publicações

No mapeamento, considerando *Enterprise Architecture* e *Organizational Change Management*, não se evidenciou uma relação com o tema *Process Mining*. Com isso, foi realizado outro mapeamento com as publicações e os principais termos apresentados em uma rede de palavras (Figura 2).

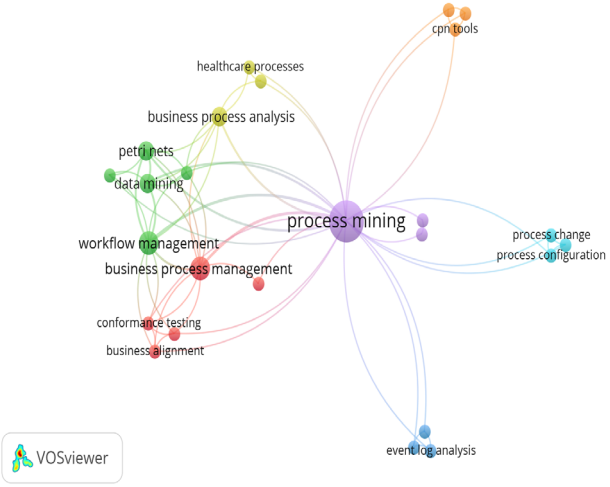


Figura 2 – Rede de palavras

Apesar de não ser um tema central, a palavra "change" acaba se destacando nos assuntos tratados em *Process Mining*, uma vez que a organização dos processos possibilita e contribui com o processo de mudança.

5. Conclusão

Os projetos de TI, em organizações de grande porte, costumam ser de complexa implantação, devido à abrangência dos processos impactados e das diversas áreas afetadas.

A gestão de mudança organizacional é um fator determinante para o sucesso na implantação de grandes projetos, especialmente na área de TI, que, por muitas vezes, não apenas substitui os sistemas como altera a forma de trabalhar.

Considerando esses aspectos, este trabalho teve como objetivo realizar um levantamento das principais publicações, nos meios acadêmicos, sobre a aplicação da Arquitetura Corporativa (AC), com seu framework TOGAF, e da Mineração de Processos, para identificar as possíveis contribuições da aplicação desses métodos em conjunto, para apoiar a gestão de mudança organizacional.

Nas 81 publicações selecionadas para este trabalho, foi possível evidenciar que, apesar de a gestão de mudança organizacional não ser o tema central desse estudo, ela aparece como elemento essencial para a transformação de uma empresa que está passando por um processo de implantação de projetos de TI. Suas principais contribuições estão no sentido de que, com o mapeamento dos processos, das pessoas, e da infraestrutura de TI, que foram impactados, é possível direcionar melhor as ações de mitigação de impactos.

Na análise, também foi possível explorar o tema de forma mais abrangente, e verificar como esses métodos têm sido aplicados em outros países. Apesar de ter uma grande concentração do uso da ferramenta nos Estados Unidos da América e na Europa, os demais países, como o Brasil, demonstraram um interesse significativo sobre o assunto nos últimos quatro anos, de 2014 a 2019.

Como principal resultado da análise das publicações selecionadas, foi possível constatar um cenário interessante, uma vez que os temas "mudança", "processos" e "arquitetura corporativa" possuem correlação. Por fim, conclui-se que a combinação desses métodos auxilia no mapeamento e na orquestração das mudanças.

Referências

Akbar, A. Sanga, J.; Nasrullah, Khan, A. A. Mahmood, S. Qadri, S. F.; Hu, H.; & Xiang, H. (2018). Success factors influencing requirements change management process in global software development. *Journal of Computer Languages*, 51, 112-130. doi:10.1016/j.cola.2018.12.005.

Belloquim, A. (2009). Frameworks de Arquitetura – Parte 1: Zachman. Disponível em: <http://blog.gnosisbr.com.br/sobre/serie-arquiteto-profissao-do-futuro/frameworks-de-arquitetura-%E2%80%93-parte-1-zachman/>. Acesso em: 01 set. 2019.

Chase, N. (2006). Introducing the Open Group Architecture Framework (TOGAF), Part 1: Understand TOGAF and IT Architecture in Today's World. LLC. Disponível em: <http://www.ibm.com/developerworks/library/ar-togaf1/> Acesso em: 30 ago. 2019.

D'Castro, R. J.; Oliveira, A.; & Terra, A. (2018). Process Mining Discovery Techniques in a low structured Process Works? *IEEE 7th Brazilian Conference on Intelligent Systems*, 200-205. doi:10.1109/BRACIS.2018.000422018.

Dumas, M.; La Rosa, M.; Mendling, J.; & Reijers, H. A. (2018). *Fundamentals of Business Process Management* (2nd ed.). Springer.

Efe, P.; & Demirors, O. (2019) A Change Management Model and its Application in Software Development Projects. *Computer Standards & Interfaces Journal*. doi:10.1016/j.csi.2019.04.012.

Elzinga, J. (2005). Business Process Management: Survey and Methodology. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 42(2), 119-128.

Hu, E; & Liu, Y. (2008). IT Project Change Management. International Symposium on Computer Science and Computational Technology. *Proceedings of the IEEE*, 417-420. doi:10.1109/ISCSCT.2008.224.

Huang, T.; Xu, B.; Cai, H.; Du, J.; Chao, K.; & Huang, C. (2018). A Fog Computing-based Concept Drift Adaptive Process Mining Framework for Mobile APPs. *Future Generation Computer Systems*, 89, 670-684.

Iyer, B.; & Gottlieb, R. (2004). The Four-Domain Architecture: An approach to support enterprise architecture design. *IBM System Journal*, 43(3), 587-597.

Jong, P.; Martjin J.; Van Der Werf. E. M.; Van Steenbergen M.; Bex, F.; & Brinkhuis, M. (2019). Evaluating Design Rationale in Architecture. *IEEE ICSA-C*, 145-152. doi: 10.1109/ICSA-C.2019.00033.

Knoll, D.; Waldmanna, J.; & Reinhart, G. (2018). Developing an Internal Logistics Ontology for Process Mining. *Procedia CIRP*, 79, 427-432.

Lakhrouit, J.; & Baïna, K. (2015). Evaluating enterprise architecture complexity using fuzzy AHP approach. *Third World Conference on Complex Systems (WCCS)*, 123-128. doi:10.1109/ICoCS.2015.7483316.

Lankhorst, M. (2009). *Enterprise Architecture at Work:* Modelling, Communication and Analysis. The Enterprise Engineering Series. Editora Springer.

Mogolole, E.; & Jokonya, O. (2018). A Conceptual Framework for Implementing IT Change Management in Public Sectors. *Procedia Computer Science*, 138, 835-842.

Morozov, V.; Kalnichenko, O.; Timinsky, A.; & Liubyma, I. (2017). Projects change management in based on the projects configuration management for developing complex projects. *9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems*: Technology and Applications (IDAACS). Doi: 10.1109/IDAACS.2017.8095224.

Romero, M.; & Sassi, R. J. (2019). Proposal for Restructuring of the Product Individual Metering Water Through the Enterprise Architecture Framework. *Gestão & Produção*, 26(1). doi:10.1590/0104-530X1346-19.

Ross, J. W.; Weill, P.; & Robertson, D. C. (2008). *Arquitetura de TI – Como Estratégia Empresarial*. M. Books Editora.

Schultz, C. A., Mattor, K. M., & Moseley, C. (2016). Aligning policies to support forest restoration and promote organizational change. *Forest Policy and Economics*, 73, 195-203. doi:10.1016/j.forpol.2016.09.015.

Sebestyena, Z. (2017). Further Considerations in Project Success. *Procedia Engineering*, 196, 571-577.

Sharon, A; & Dori, D. A (2014). Project–Product Model–Based Approach to Planning Work Breakdown Structures of Complex System Projects. IEEE Systems Journal. 9(2), 366-376.

Sjögren, P.; & Fagerström, B. (2015). Structuring the Engineering Change Management Process Around Change Carriers. *Proceedings IEEE*, 416-420.

Tadanai, O.; & Tanuska, P. (2015). Process mining and practical usage. *INES IEEE 19th International Conference on Intelligent Engineering Systems*, 63-67.

TOGAF (2019). The Open Group Framework. Disponível em: https://www.opengroup.org/togaf. Acesso em: 30 ago. 2019.

Van Der Aalst, W., Adriansyah, A., De Medeiros, A. K. A., Arcieri, F., Baier, T., Blickle, T., ... & Wynn, M. (2012). Process mining manifesto. In Business Process Management Workshops. *BPM 2011 Lecture Notes in Business Information Processin*g, 99, 169-194.

Weill, P.; Ross, J. W.; & Robertson, D. C. (2006). *Enterprise Architecture as Strategy*: Creating a Foundation for Business Execution. Harvard Business.

Zachman, J. A. A (1987). Framework for Information Systems Architecture. *IBM Systems Journal*, 26(3), 276-292.

Zhang, M.; Chen, H.; & Luo, A. (2018). A Systematic Review of Business-IT Alignment Research with Enterprise Architecture. *IEEE Journals & Magazines*, 6, 18933-18944.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: xx/10/2019
Aceitação/Acceptance: xx/12/2019

Técnicas de Data Mining para extraer perfiles comportamiento académico y predecir la deserción universitaria

Norka Bedregal-Alpaca[1], Danitza Aruquipa-Velazco[1], Víctor Cornejo-Aparicio[1]

nbedregal@unsa.edu.pe, danitzarqp106@gmail.com, vcornejo@unsa.edu.pe

[1] Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Santa Catalina 117, 04001, Arequipa, Perú.

Pages: 592–604

Resumen: La deserción de estudiantes universitarios es un problema al que las universidades dedican sus esfuerzos, situación que requiere mayor atención debido a las exigencias de los procesos de acreditación. En esta investigación, se utilizan técnicas de clasificación, implementadas con IBM SPSS Modeler, con la finalidad de predecir la posible deserción de los estudiantes. El factor diferenciador de la propuesta radica en utilizar índices, que además de considerar el rendimiento académico de un estudiante, también lo sitúan dentro de su cohorte. Para comparar y evaluar la precisión de los modelos se usa la matriz de confusión, los resultados indican que el modelo de árbol CHAID 1 alcanza una precisión de 90.24%. Se concluye que el índice de rendimiento total es la variable más influyente en la deserción y que las Técnicas de Minería de Datos son útiles y eficaces para detectar patrones y predecir el comportamiento académico de los estudiantes.

Palabras-clave: deserción universitaria, modelos predictivos, técnicas de minería de datos, matriz de confusión.

Data Mining Techniques to Extract Academic Behavior Profiles and Predict University Desertion

Abstract: The desertion of university students is a problem to which universities dedicate their efforts; a situation that requires more attention due to the demands of the accreditation processes. This research uses classification techniques, implemented with IBM SPSS Modeler, to predict possible student desertion. The differentiating factor of the proposal is to use indices, which in addition to considering a student's academic performance, also place it within their cohort. To compare and evaluate the accuracy of the models the confusion matrix is used, the results indicate that the CHAID 1 tree model reaches an accuracy of 90.24%. It concludes that the total performance index is the most influential variable in desertion and that Data Mining Techniques are useful and effective in detecting patterns and predicting students' academic behavior.

Keywords*:* university desertion, predictive models, data mining techniques, confusion matrix.

1. Introducción

En América Latina y El Caribe, el número de estudiantes en educación superior prácticamente se duplicó en la última década, sin embargo, solo cerca de la mitad de ellos logra graduarse a tiempo, hecho que indica que lo mucho que se debe trabajar en términos de eficiencia y calidad (Ferreyra, Avitabile, Botero, Haimovich & Urzúa, 2017). Son varios los estudios que muestran indicadores desfavorables de deserción y bajo rendimiento académico, hechos que exigen a las instituciones de educación superior el seguir investigando las causas que subyacen en esta problemática. Según Flavell (1979), Meleca (1995) y García- Cruz, Guzmán y

Martínez (2006), son varios los factores que influyen en el rendimiento académico; algunos son de naturaleza endógena (pertenecen o se encuentran en el mismo estudiante) y otros son de naturaleza exógena (pertenecen o se encuentran en el contexto del estudiante). Ambos tipos de factores interactúan entre sí y por tanto en los niveles del rendimiento académico mostrado por los estudiantes.

En Perú, el sistema universitario, y en particular la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, enfrenta problemas de deserción estudiantil, problemática que es más frecuente en los primeros años de las carreras. Este problema inicia con condiciones de riesgo académico: bajas calificaciones, abandono de una o más asignaturas, reprobación y repitencia de una o más asignaturas, etc. y termina en situaciones de deserción. Con el fin de disminuir la tasa de deserción, y en consecuencia mejorar la tasa de retención, es necesario contar con un mecanismo que permita determinar posibles situaciones de riesgo académico de los estudiantes, para así poder aplicar medidas remediales oportunas.

En este contexto, la Inteligencia de Negocios propone a la minería de datos, como una herramienta que reúne técnicas y métodos provenientes de la estadística, las ciencias de la computación, la ingeniería y la inteligencia artificial con objeto de identificar patrones interesantes. La literatura existente muestra que las técnicas de minería de datos son eficaces para predecir el rendimiento académico de los estudiantes. Pimpa (2013) aplica algoritmos de árboles de decisión y redes bayesianas utilizando Weka y validación cruzada. Gart y Sharma (2013) comparan varias técnicas C4.5, ID3, CART y J48, Naive de Bayes, Redes Neuronales, k- medias y k-vecino más cercano para predecir el rendimiento académico. Dole and

J. Rajurkar (2014) aplican el algoritmo Naive de Bayes y un árbol de decisión para predecir la graduación y la condición final de los estudiantes: aprobado y desaprobado. Thai (2007) se compara la precisión de los algoritmos de árboles de decisión y redes Bayesianas, se aplica Weka en los algoritmos árboles de decisión J48 y M5P y red Bayesiana para predecir el rendimiento académico de los estudiantes no graduados y graduados sobre su calificación final.

A la luz de la literatura revisada se propuso usar la técnica de clasificación, como técnica de minería de datos, para predecir el comportamiento académico de los estudiantes.

En este trabajo se buscó identificar patrones de comportamiento relacionados con el desempeño académico de los estudiantes mediante un proceso de Descubrimiento de Conocimiento en Bases de Datos (KDD) utilizando técnicas de Minería de Datos

(DM). Se desarrollado un modelo para clasificar automáticamente a los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional de San Agustín (UNSA) en base a datos académicos, para ello se tuvo que identificar algunos factores que afectan el rendimiento académico del estudiante y proponer un modelo predictor del rendimiento académico. Este trabajo no pretende ser concluyente, sólo constituye un aporte al desarrollo del estudio del rendimiento académico universitario en la UNSA.

2. Marco conceptual

2.1. Rendimiento académico (RA)

Existen diferentes acepciones para el rendimiento académico: logro académico, rendimiento universitario, desempeño académico, siendo el menos utilizado éxito escolar.

El rendimiento académico está relacionado con el éxito o eficiencia del proceso educativo y se determina tomando en cuenta variables cualitativas y/o cuantitativas. Como resultado del análisis realizado a las concepciones que diversos autores han dado al rendimiento académico se puede enunciar: "El RA es un concepto multidimensional, en el que intervienen distintas variables y para el que se utilizan diversas formas de medición. El RA es el resultado del proceso educativo (medido cuantitativa y cualitativamente), que sirve para retroalimentar a los individuos y a las instituciones sobre el logro de los objetivos establecidos con anterioridad".

2.2. Indicadores de medida del rendimiento académico

Calificaciones: Representan una medición cuantitativa o cualitativa del rendimiento. Las calificaciones son relativas como medida de rendimiento, pues no existe un criterio estándar para todas las instituciones educativas, dentro de una misma institución no existe un criterio único para todas las asignaturas y para todos los profesores (Thai, 2007).

Asignaturas aprobadas: El número de asignaturas aprobadas es una medida de éxito o fracaso del RA. Un estudiante tendría éxito si aprueba la mayoría de las asignaturas en las que se matriculó en un determinado periodo académico, si aprueba menos de la mitad se podría decir que tuvo un bajo desempeño académico y si no aprueba ninguna se diría que el estudiante fracasó académicamente. Page (1990) concluye que el número de asignaturas aprobadas por año es un indicador de rendimiento estudiantil más adecuado que el promedio, pues presenta mayor variabilidad que las calificaciones obtenidas.

Créditos acumulados: El número de créditos acumulados es un indicador análogo al número de asignaturas aprobadas. Identifica el avance que tiene un estudiante, permite comparar el número de créditos acumulados durante un periodo académico con el número de créditos que, de acuerdo al plan de estudios, debió acumular en el tiempo programado (Di Gresia, Fazio, Porto, Ripani y Sosa, 2005).

2.3. Metodología CRISP-DM para el proceso de extracción de conocimiento

CRIPS-DM identifica niveles de abstracción que se organizan de forma jerárquica en un conjunto de tareas que van desde el nivel más general hasta los niveles más específicos. Para el ciclo de vida de un proyecto de Data Mining, la metodología CRISP-DM propone seis fases que interactúan entre ellas de forma iterativa durante su desarrollo.

2.4. Técnicas de minería de datos

La minería de datos conjuga la estadística y las ciencias de la computación para intentar descubrir patrones en grandes volúmenes de datos. La técnica más aplicada de minería de datos es la clasificación, que consiste en utilizar un conjunto preclasificado de ejemplos para desarrollar un modelo que permita clasificar un gran volumen de información. Esta técnica utiliza métodos de Árbol de decisión o Redes neuronales. El proceso de clasificación de datos implica dos fases: el aprendizaje y la clasificación.

En la fase de aprendizaje, mediante el algoritmo de clasificación, se analizan los datos de entrenamiento. El algoritmo de aprendizaje de clasificación usa los ejemplos preclasificados para determinar el conjunto de parámetros que se necesitan para realizar una discriminación adecuada. El algoritmo codifica estos parámetros en un modelo llamado clasificador.

La fase de clasificación de los datos de prueba sirve para estimar la precisión de las reglas de clasificación. Si la precisión es aceptable, entonces las reglas se pueden aplicar a los datos.

2.5. Árboles CHAID (Chi-square automatic interaction detector)

Los árboles de decisión son una técnica estadística utilizada para segmentar, estratificar, predecir, reducir datos y filtrar variables, identificar interacciones, etc.

La función árboles de decisión en IBM-SPSS crea árboles de clasificación y de decisión para identificar grupos, descubrir las relaciones entre grupos y predecir eventos futuros. Existen diferentes tipos de árbol, entre ellos CHAID.

CHAID es un algoritmo para la construcción de árboles de decisión basado en el testeo de significancia ajustada, explora datos de forma rápida y eficaz, y crea segmentos y perfiles relacionados con el resultado deseado. Usa la chi-cuadrado para medir el grado de correlación entre las variables independientes y la clase.

En cada iteración, CHAID elige la variable independiente (predictora) que presenta la interacción más fuerte con la variable dependiente. Las categorías de cada predictor se funden si no son significativamente distintas respecto a la variable dependiente.

3. Desarrollo del modelo

3.1. Contexto

Los datos utilizados para el desarrollo del modelo provienen de los estudiantes de las cohortes 2011-2017 de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas de la Universidad

Nacional de San Agustín (Arequipa-Perú), por lo que el modelo desarrollado está circunscrito en este ámbito.

Se utilizó la herramienta IBM SPSS Modeler, herramienta que posee una interfaz integrada para ejecutar diferentes procesos, lo que potencia el aprovechamiento de los datos, pues proporciona algoritmos y modelos completos que están listos para su utilización inmediata.

3.2. Fase 1, metodología CRISP-DM: Comprensión del negocio

Se realizan tareas de comprensión de objetivos y requisitos del proyecto para convertirlos en objetivos técnicos y en un plan de proyecto.

Objetivo: Desarrollar un modelo que permitan clasificar automáticamente a los estudiantes en base a su rendimiento académico e identificar perfiles y tendencias.

Recursos: (a) Recursos tecnológicos: Computadora, IBM SPSS Modeler 18.1, (b) Recursos técnicos: Técnicas de minería de datos, (c) Recursos humanos:

Los investigadores y (d) Fuente de datos: Registros académicos de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas (UNSA), años 2011 al 2017.

3.3. Fase 2, metodología CRISP-DM: Comprensión de los datos

Comprende la recolección inicial de datos, se busca establecer un primer contacto con el problema y definir las primeras hipótesis, para lo cual es necesario familiarizarse con los datos, identificar su calidad y establecer las relaciones más evidentes.

Recolección de datos iniciales: Los datos iniciales los proporcionó el Instituto de Informática de la UNSA, dependencia que maneja toda la información digitalizada de la universidad. Se recibieron los datos en varios archivos Excel, por lo que fue necesario integrarlos a través de un código único (CUI) que identifica a cada estudiante.

Descripción de los datos: La data está compuesta por 976 registros capturados en la ficha de matrícula al momento en que los estudiantes ingresan a la universidad, 534 registros recabados por la Oficina de Admisión y 26069 registros de calificaciones. Los datos se pueden agrupar en tres categorías:

- Datos personales de los estudiantes: CUI (código único de identificación) apellidos y nombres, fecha de nacimiento, lugar de nacimiento, sexo, tipo de colegio, ubigeo del colegio.
- Datos relativos al ingreso a la universidad: periodo, fase, puesto, nombre, puntaje.
- Registro de notas: CUI, código de asignatura, grupo, matricula, nota, condición, año, ciclo.

Exploración de los datos: Las Figuras 1 y 2 muestran el comportamiento de las variables: puntaje de ingreso y sexo de los estudiantes.

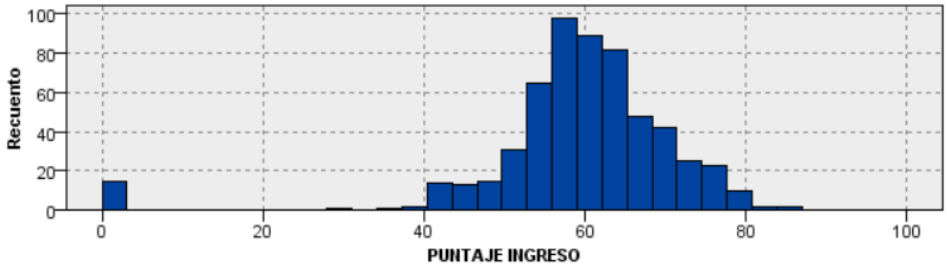


Figura 1 – Distribución de los puntajes de ingreso

Valor	Proporción	%	Recuento
F		33.22	192
M		66.78	386

Figura 2 – Clasificación de los estudiantes de acuerdo al sexo

La Figura 3 muestra la distribución de las edades considerando la clasificación: (0) menos de 17 años, (1) entre 17 y 18 años, (2) entre 19 y 20 años, (3) más de 21 años.

Valor	Proporción	%	Recuento
0		1.73	10
1		63.32	366
2		26.82	155
3		8.13	47

Figura 3 – Clasificación de los estudiantes por edades

Verificación de la calidad de los datos: Para asegurar la completitud y corrección de los datos, se verificó la consistencia de los valores individuales de los campos, se buscó y subsanó la existencia de los valores nulos, así mismo se trataron los valores fuera de rango.

3.4. Fase 3, metodología CRISP-DM: Preparación de los datos

Esta fase incluye varias tareas: selección de datos, limpieza de datos, generación de variables adicionales, integración de diferentes orígenes de datos y cambios de formato.

Selección y limpieza de datos: Se eliminaron valores anómalos, inconsistencias, valores ausentes, etc., se seleccionaron los datos a tratar y se modificaron valores para su mejor tratamiento en función del algoritmo.

Se realizó la imputación de datos para completarlos, lo que se hizo con el valor más común entre ellos o con un valor aleatorio según el caso. Se encontraron registros anteriores al 2011 por lo que hubo que eliminarlos y en los casos necesarios se hizo la conversión de datos alfanuméricos a datos numéricos. La Figura 4 muestra parte del proceso seguido.

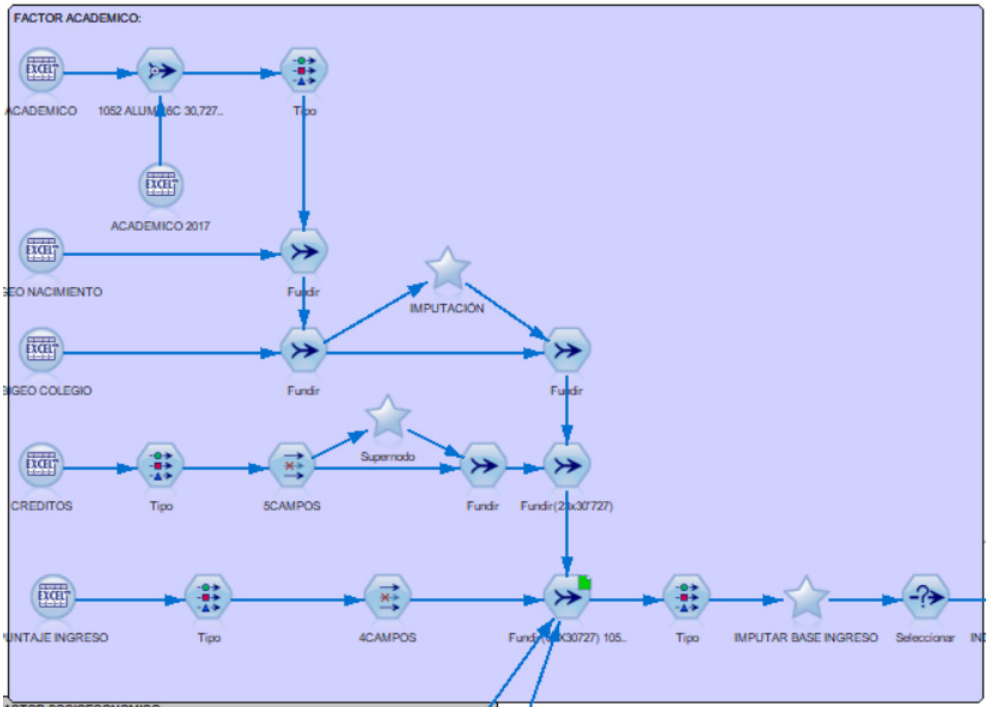


Figura 4 – Proceso de selección de datos ejecutado con IBM-SPSS Modeler

Con este proceso se consiguió integrar en un solo archivo, las calificaciones por asignatura, los datos personales y el puntaje de ingreso de cada estudiante, para ello se utilizó como variable de enlace el CUI.

Estructuración de datos: Considerando el dinamismo de la parte académica, y el histórico de notas disponible, la estructura que definirá la construcción del modelo, será a través de semestres consecutivos, los cuales determinaran una "ventana", para entrenar y validar el modelo de deserción (Figura 5).

Cada ventana considera 05 semestres consecutivos, los tres primeros semestres sirvieron para pronosticar los dos semestres futuros consecutivos inmediatos.

Utilizando IBM SPSS MODELER 18.1 se creó un súper nodo, en donde se construyeron distintos indicadores, algunos se describen en la Tabla I.

En la Tabla I PPA: Considera todas las oportunidades que el estudiante ha tenido para aprobar las asignaturas. IREX: Relaciona a cada estudiante con el comportamiento del resto del grupo. IREN: Depende exclusivamente del estudiante. Incluye a los estudiantes que abandonaron todas las asignaturas. Ajusta el valor de las asignaturas en abandono priorizando las matriculadas y aprobadas. IRT: Acumula el índice endógeno y el exógeno.

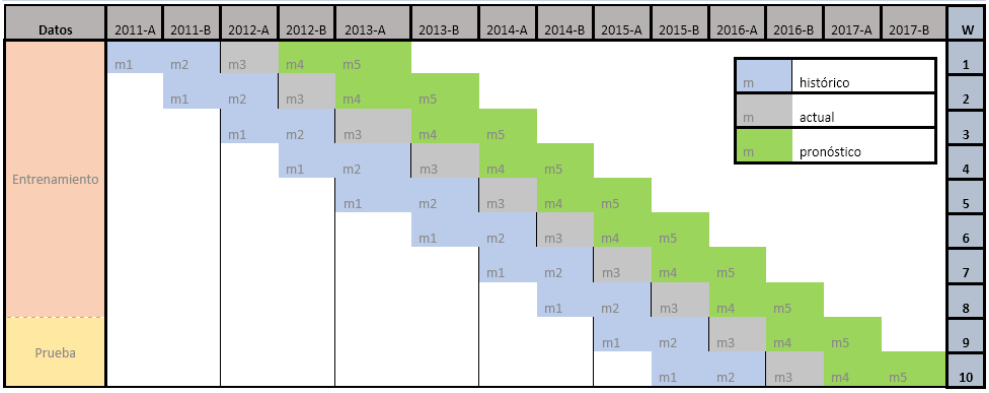


Figura 5 – Proceso de selección de datos ejecutado con IBM-SPSS Modeler

Nombre	Descripción	Fórmula
Promedio ponderado ajustado	*Se obtiene al dividir la suma ajustada (créditos por la calificación final, en todas las matrículas registradas) entre el total de los créditos cursados*	$PPA = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i C_i}{\sum_{i=1}^{n} C_i}$
Índice rendimiento exógeno	*Establece la relación entre el número de asignaturas aprobadas por el estudiante y el número de asignaturas aprobadas por el grupo*	$IREX = \frac{AA}{P.AA}$
Índice rendimiento endógeno	*Establece la relación entre el número de asignaturas aprobadas y el número de asignaturas matriculadas (considera además el número de asignaturas cursadas)*	$IREN = \frac{AA}{AM} + \frac{AA}{AC+1}$
Índice de rendimiento total	*Índice de rendimiento académico de cada estudiante, considera su desempeño y su comportamiento en relación al grupo*	$IRT = IREX + IREN$

Tabla 1 – Definición de algunos indicadores

Se crearon las variables necesarias para implementar estos indicadores. De acuerdo a la literatura existente se han categorizado los valores del IRT y del PPA, las categorías se muestran en la Tabla 2.

IRT	Caso	Categoría	Caso	PPA

5	*Más del 80%*	*Sobresaliente*	*Más de 17 puntos*	*5*
4	*Entre 65 y 80%*	*Muy bueno*	*Entre 15 y 17 puntos*	*4*
3	*Entre 50% y 64%*	*Bueno*	*Entre 13 y 14 puntos*	*3*
2	*Entre 34% y 49%*	*Suficiente*	*Entre 11 y 12 puntos*	*2*
1	*Entre 15% y 33%*	*Bajo*	*Entre 8 y 10 puntos*	*1*
0	*Menos del 15%*	*Muy bajo*	*Menos de 8 puntos*	*0*

Tabla 2 – Categorización del IRT y del PPA

La Figura 6 muestra uno de los subprocesos seguidos.

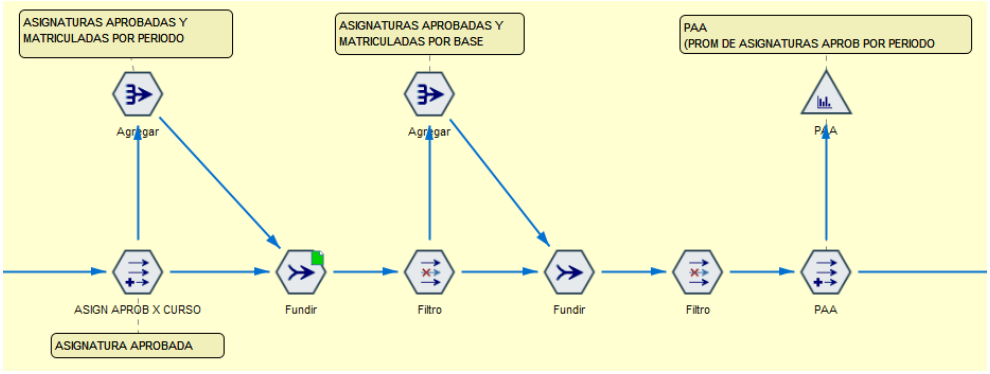


Figura 6 – Construcción del indicador PPA.

3.5. Fase 4, metodología CRISP-DM: Modelado

Establecidos los indicadores, se incluye la variable "W" que representa una secuencia de tiempo integrada por valores históricos, actuales y el pronóstico a realizar (riesgo de deserción). Se establecieron 10 valores de W, de las 10 ventanas creadas, sólo las ventanas 6,7 y 8 son utilizadas en el modelo final. Modelo en el que el 70% de registros se utilizan para entrenamiento y 30% para la comprobación.

Se creó la variable "VENTANA" que asume valores de "1" y "0", dependiendo de si el estudiante registró o no matrícula respectivamente en los periodos de pronóstico por cada "W". La variable predictiva "Y", toma el valor "1" si el valor de la variable "VENTANA" está dado por "0-0", es decir si el alumno está en "abandono" y "0" en caso contrario.

En este marco, se procede con la fase de modelado, mediante el nodo clasificador automático que provee el SPSS Modeler, se obtuvieron algunos resultados preliminares resultando que la técnica "árbol CHAID" obtiene mejores resultados (Figura 7).

Gráfico	Modelo	Tiempo de generación (min)	Precisión general (%)	Número de campos utilizados
	CHAID 1	< 1	93,714	5

Figura 7 – Resultado de la clasificación automática para CHAID

Los parámetros del algoritmo de clasificación fueron los sugeridos, por defecto, por la herramienta: profundidad máxima del árbol =5, costes de clasificación errónea: no utiliza el coste para clasificación errónea pero tiene un coste de 1 para clasificación correcta, Chi Cuadrado para destinos categóricos, número máximo de iteraciones para convergencia= 100.

La Figura 8 muestra la ruta seguida en las diferentes fases.

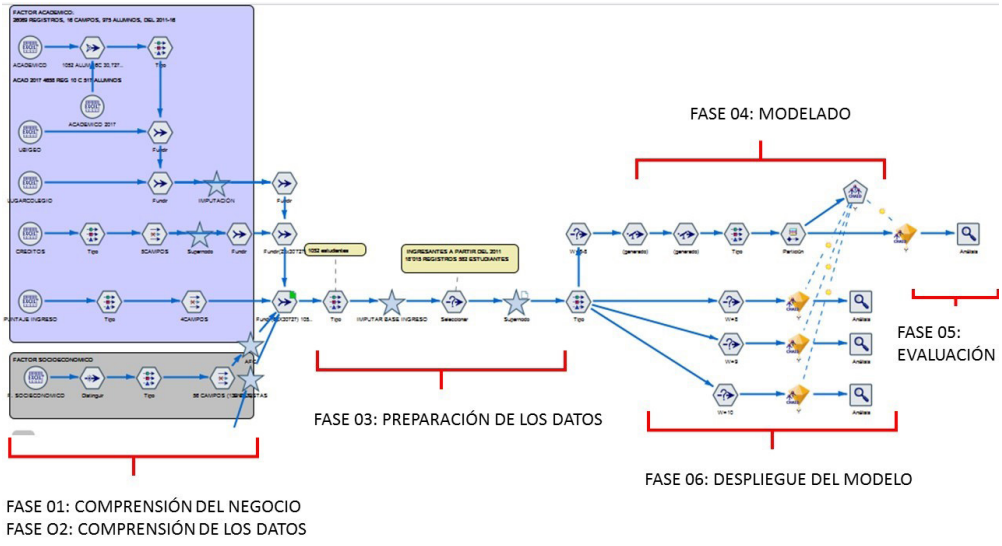


Figura 8 – Ruta seguida para la construcción del modelo predictivo

4. Resultados

La Fase 5 de la metodología CRISP-DM corresponde a la evaluación de los resultados, es así, que se encuentra que las principales variables para la predicción de deserción son el IRT, con grado de importancia 0.42, y el PPA con grado de importancia 0.17 (Figura 9).

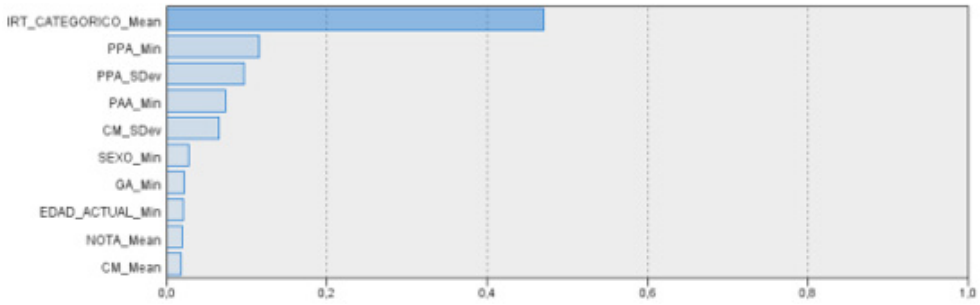


Figura 9 – Importancia de los predictores.

Al trabajar con los datos de entrenamiento, para los valores W=6, W=7 y W=8 se obtuvo la precisión más alta, en la Tabla III se muestra la Matriz de Confusión.

Partición	**1-entrenamiento**		**2-comprobación**	
Correctos	*1,409*	*91.55%*	*638*	*90.24%*
Erróneos	*130*	*8.45%*	*69*	*9.76%*
Total	*1,539*		*707*	

Tabla 3 – Matriz de confusión

Al correr el modelo sobre los datos de prueba, con W=9 se obtiene una precisión de 70.76%, mientras que para W=10 se obtiene una precisión de 66.94% (Tabla IV).

	W = 9		**W = 10**	
	Total	**%**	**Total**	**%**
Correctos	*288*	*70.76*	*249*	*66.94*
Erróneos	*119*	*29.24*	*123*	*33.06*
Total	*407*		*372*	

Tabla 4 – Precisión obtenida con los datos de prueba

En este punto, se pueden identificar algunas características:

- Si el estudiante no se ha matriculado en al menos 2 semestres consecutivos, entonces el 39.85% en algún momento "abandona" la carrera.
- La proporción de deserción en los varones es similar a la proporción de las mujeres.
- El mayor porcentaje de estudiantes "desertores" tienen 18 años al ingresar a la universidad.

- El tipo de colegio no es una variable significativa, pues la proporción de estudiantes desertores, es similar entre los tres tipos de colegio.
- El mayor porcentaje de estudiantes desertores tiene un IRT = 0, lo que significa que el estudiante ha aprobado menos del 15% de las asignaturas en las que se matriculó, mientras en menor porcentaje están los alumnos con IRT = 3 y 4.

Algunas reglas de decisión encontradas fueron:

- 194 estudiantes, que representan un 0,959% caen en la rama del árbol: si IRT_CATEGORICO_Mean <= 0 y PAA_Max <= 4,424 y IREX_Max <= 0 y PPA_Mean <= 3,200 y SEXO_Min in ["M"].
- 121 estudiantes, que representan un 0,901% caen en la rama del árbol: si IRT_CATEGORICO_Mean <= 0 y PAA_Max <= 4,424 y IREX_Max > 0,270.
- 101 estudiantes, que representan un 0,99% caen en la rama del árbol: si IRT_CATEGORICO_Mean > 0 y IRT_CATEGORICO_Mean <= 0,846 y PPA_Min <= 0,571 y PAA_Max > 3,845 y PAA_Max <= 3,887.
- 51 estudiantes, que representan un 0,882% caen en la rama del árbol: si IRT_CATEGORICO_Mean > 0 y IRT_CATEGORICO_Mean <= 0,846 y PPA_Min <= 0,571 y PAA_Max > 3,887.

5. Conclusiones

Se ha logrado una identificación correcta, en el orden del 90.24%, de los estudiantes desertores, por lo que las técnicas de minería de datos empleadas en esta investigación resultaron eficaces para obtener un modelo que permite predecir la deserción de los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional de San Agustín.

El factor diferenciador del modelo diseñado, radica en ir más allá de promediar las calificaciones obtenidas por un estudiante, pues a través del IRT se tiene en cuenta el número de veces que lleva una asignatura y su desempeño dentro del grupo o cohorte en el que se ubica.

La preparación de los datos realizada, además de la deserción, permite realizar otros tipos de análisis; podría predecirse el comportamiento de los estudiantes destacados, realizarse un análisis del rendimiento académico por cada uno de los indicadores mencionados e incluso los análisis podrían diferenciarse por género, por cohorte, etc.

Los modelos de predicción son necesarios para predecir eficazmente el comportamiento académico de los estudiantes, una predicción con precisión resulta sumamente útil para identificar oportunamente a los estudiantes en riesgo académico.

En general, en un proyecto de minería de datos, las fases: comprensión de los datos, preparación de los datos y modelado, son las que demandan mayor cantidad de esfuerzo y tiempo. Al utilizar herramientas como IBM SPSS Modeler, el trabajo de modelado se simplifica.

Para mejorar el modelo predictivo, se recomienda analizar el comportamiento académico de los estudiantes, no solo desde la perspectiva del ámbito educativo, sino también familiar, laboral, social y cultural.

6. Reconocimientos

Expresamos el agradecimiento de las autoras a la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa por el apoyo recibido a la realización de la propuesta y esperamos que los resultados redunden en beneficio de la institución.

Así mismo, hacemos conocer que esta propuesta se enmarca dentro del proyecto "Modelo de evaluación de desempeño académico para la detección de estudiantes destacados y de estudiantes en riesgo académico" con contrato IBA-004-2016.

Referencias

Di Gresia, L., Fazio, M., Porto, A., Ripani,L. & Sosa, W. (2005). Rendimiento y Productividad de los Estudiantes. El Caso de las Universidades Públicas Argentinas, en Porto, A. (editor) Economía de la Educación Universitaria: Argentina-Brasil-Perú, Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, La Plata.

Dole, L. & Rajurkar, J. (2014). A Decision Support System for Predicting Student Performance, International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering.

Ferreyra, M., Avitabile, C., Botero, J., Haimovich, F. & Urzúa, S. (2017). Momento decisivo La educación superior en América Latina y el Caribe, Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial.

Flavell, J. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry", Am Psychol, 34(10): 906–911.

García-Cruz, R., Guzmán, R. & Martínez, J. (2006). Tres aristas de un triángulo: Bajo rendimiento académico, fracaso y deserción escolar, y un centro: El adolescente", Revista electrónica de Psicología; 2: 8–33.

Gart, S. & Sharma, A. (2013). Comparative Analysis of Data Mining Techniques on Educational Dataset, International Journal of Computer Applications, Vol. 74 (5):1-5.

Meleca, B. (1995). Traditional Predictors of Academic Performance in a Medical School's Independent Study Program", Acad Med., 70(1): 59–63.

Page, M. (1990). Hacia un modelo causal del rendimiento académico, Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia, C.I.D.E., Madrid.

Pimpa, C. (2013). Study of Factors Analysis Affecting Academic Achievement of Undergraduate Students in International Program, Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists.

Rodríguez,M. & Ruíz, M.(2011). Indicadores de rendimiento de estudiantes universitarios: calificaciones versus créditos acumulados, Revista de Educación, 355. Mayo-agosto 2011, pp. 467-492.

Thai, N. (2007). A comparative analysis of techniques for predicting academic performance, 37th Annual Frontiers In Education Conference - Global Engineering: Knowledge.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 30/09/2019
Aceitação/Acceptance: 28/11/2019

Condiciones de tránsito vehicular y uso de un modelo para la predicción de ruido por tráfico rodado en un entorno local de la ciudad de Bogotá-Colombia

Óscar Acosta Agudelo[1], Carlos Montenegro Marín[2], Paulo Gaona García[3]

oeacostaa@correo.udistrital.edu.co/oacosta@usbbog.edu.co, cemontenegrom@udistrital.edu.co, pagaonag@udistrital.edu.co

[1] Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Carrera 7 40B 53, 110311, Bogotá, Colombia. Universidad de San Buenaventura Bogotá, carrera 8H 172 20, 110141, Bogotá, Colombia.

[2] Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Carrera 7 40B 53, 110311, Bogotá, Colombia.

[3] Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Carrera 7 40B 53, 110311, Bogotá, Colombia.

Pages: 605–614

Resumen: El tráfico rodado es considerado la principal fuente de ruido en entornos urbanos. Con el objetivo de comprender esta fuente de contaminación acústica, el presente artículo reúne información sobre las condiciones del tránsito en la ciudad de Bogotá-Colombia, tomando como referencia cifras oficiales del gobierno local. Adicionalmente, se presenta un estudio de ruido basado en indicadores acústicos medidos usando como referencia la metodología de medición de la norma colombiana de ruido ambiental. Luego, los datos medidos se contrastan con simulaciones obtenidas usando el modelo de cálculo para ruido generado por tráfico rodado NMPB-Routes 96. Finalmente, se discuten las causas que generan las diferencias entre mediciones y el modelo de cálculo empleado, las cuales pueden ser atribuidas a fuentes de ruido diferentes al tráfico rodado.

Palabras-clave: Ruido; tráfico rodado; modelo; predicción; simulación.

Vehicular traffic conditions and use of a model for predicting road traffic noise in a local environment in the city of Bogotá-Colombia

Abstract: Road traffic is considered the main noise source in urban environments. With the aim of understanding this source of noise pollution, this article gathers information on traffic conditions in the city of Bogotá-Colombia, taking as reference official data from the local government. Additionally, a noise study based on acoustic indicators measured using the measurement methodology of the Colombian environmental noise standard is presented. Then, the measured data is contrasted with simulations obtained using the road traffic noise model NMPB-Routes 96. Finally, the causes that generate the differences between measurements and the calculation model used are discussed, which can be attributed to noise sources other than road traffic.

Keywords*:* Noise; road traffic; model; prediction; simulation.

1. Introducción

En Europa desde los años 70 y 80 se presentaban estudios de ruido ambiental (Recuero, Gil, & Grundman, 1996, 1997), en donde se buscaba evaluar el impacto en la población causado por el ruido. En esos días, los datos de ruido eran obtenidos a través de mediciones en campo realizadas con sonómetros. Lo anterior, hace costoso y tedioso el proceso para grandes ciudades debido a la gran cantidad de muestras que deben tomarse (Murphy & King, 2014), y los largos periodos de medición que implica obtener de forma experimental indicadores acústicos como el Lden (nivel de ruido en periodo día, tarde, noche), el cual requiere para su cálculo valores de 24 horas según la Directiva Europea de Ruido (Parlamento Europeo, 2002).

Luego, como complemento a las mediciones, fueron desarrollados modelos de cálculo estadísticos para la evaluación de tráfico e industrias. Los primeros, se presentaron en Europa en la década de los 80s y, en la práctica, eran usados para cálculos simples en puntos específicos a mano (Licitra, 2012). Estos modelos permiten obtener descriptores del ruido mediante el uso de ecuaciones que determinan el nivel base de ruido usando la información geográfica del lugar, además de parámetros como el aforo vehicular, potencia acústica de la fuente, altura de edificaciones, entre otros (Murphy & King, 2014). Posteriormente, haciendo uso de correcciones consideran los efectos del entorno en la propagación del sonido que pueden reunirse en reflexiones y atenuaciones tales como: vegetación, suelo, atmósfera, entre otros (International Organization for Standardization, 2007). En conclusión, los modelos de cálculo de ruido evalúan dos aspectos importantes, la fuente y la propagación del sonido.

Existe una lista extensa de modelos estadísticos usados en el mundo para cálculo de ruido. Tradicionalmente, estos modelos son desarrollados para evaluar fuentes específicas de ruido, por ejemplo, algunos modelos son especializados en ruido por trasporte (tráfico rodado, ferroviario, aeronáutico) o industrial. En el caso de tráfico rodado, puede mencionarse el modelo CoRTN (Depatment of Transport and The Welsh Office, 1988) desarrollado en el Reino Unido, el cual es simple de aplicar para cálculos a mano, pero no evalúa reflexiones causadas por tierra ni efectos de propagación meteorológicas (Licitra, 2012). En consecuencia, la precisión a la hora de realizar estimaciones de ruido se ve afectada. Así mismo, como modelo de ruido industrial se destaca el presentado en la ISO 9613 parte 2 (International Organization for Standardization, 2007) el cual considera en detalle las atenuaciones generadas durante la propagación del sonido al aire libre. En el caso de ruido aeronáutico sobresale el modelo descrito en el documento 29 de la Conferencia Europea de Aviación Civil (ECAC, 1997). Por otro lado, en años más recientes se desarrolló el modelo de cálculo CNOSSOS-EU (EEA(Europeon Environment Agency) et al., 2014) el cual contempla mecanismos más robustos para evaluar caminos de propagación del frente de onda acústico. Este modelo ya ha sido comparado con otros modelos de predicción (Kephalopoulos et al., 2014) y debe ser usado como el modelo oficial de cálculo de ruido para los países miembros de la Unión Europea a partir del 31 de Diciembre del 2018 (Alberts, Faber, & Roebben, 2016).

En los últimos años, como alternativa a los modelos estadísticos tradicionales se han desarrollado modelos basados en inteligencia artificial que hacen uso de redes neuronales artificiales para el cálculo de ruido por tráfico rodado. Estos nuevos modelos, algunos

desarrollados para países que no cuentan con uno propio, han presentado resultados que se acercan de forma más precisa a las mediciones hechas en campo (Cammarata, Cavalieri, & Fichera, 1995; Genaro et al., 2009; Kumar, Nigam, & Kumar, 2014; Mansourkhaki, Berangi, Haghiri, & Haghani, 2018). Lo anterior, hace relevante para el caso colombiano la búsqueda de un modelo de predicción que se ajuste a las condiciones propias tales como tipo de asfalto, condiciones del tráfico, vehículos y entorno físico.

El presente artículo se divide en dos grandes partes. La primera presenta algunas variables generalmente usadas para el modelamiento de ruido por tráfico rodado y de ellas el comportamiento para el caso de estudio. La segunda, contempla un estudio de ruido ambiental para evaluar el desempeño de un modelo estadístico tradicional cuando se compara con mediciones de ruido ambiental en una zona tradicional de Bogotá-Colombia.

2. Condiciones del tráfico rodado en Bogotá

En esta sección del documento se mencionan algunas variables usualmente consideradas en los modelos de predicción de ruido ambiental por tráfico rodado se comportan en la ciudad de Bogotá.

2.1. Clasificación de vehículos

Colombia debido a su ubicación geográfica no presenta variaciones drásticas en su clima durante el año. Lo anterior hace que su parque automotor presente características que difieren de países con estaciones claramente definidas. Según cifras del Registro Único Nacional de Tránsito al año 2018 el 57 % del parque automotor del país corresponde a motocicletas y un 42 % a vehículos (RUNT, 2019).

Respecto a la capital del país, en Bogotá durante el 2017 los automóviles, camionetas, camperos y otros representaron el 74.2 % del parque automotor mientras las motocicletas y servicio público correspondieron al 20.1 % y 4.9 % respectivamente (Movilidad, 2017).

Igualmente, en Bogotá del año 2007 al 2017 el total de vehículos aumentó un 118% pasando de 1.1 a 2.3 millones aproximadamente. En este mismo periodo mientras los automóviles aumentaron en un 104%, las motocicletas incrementaron su participación en un 316 % estableciéndose como una fuente principal de transporte en la ciudad con 464.634 ejemplares (Movilidad, 2017).

En cuanto a la antigüedad de los vehículos que circulan por Bogotá, se puede mencionar que los automóviles particulares al 2018 tienen en promedio 14.1 años y las motocicletas 8.4 años. Entre tanto, los buses de servicio público y camiones para el transporte de carga presentan 15,0 y 27,9 años promedio respectivamente.

Por lo tanto, en un modelo de predicción de ruido para Bogotá es necesario evaluar la forma en que la alta presencia de motocicletas y antigüedad del parque automotor de la ciudad aportan al ruido ambiental.

2.2. Condiciones del tráfico vehicular

El aumento del parque automotor en Bogotá ha traído como consecuencia la disminución en la rapidez de circulación por las vías de la ciudad. Los datos de la Secretaría de

Movilidad indican que se pasó de tener en promedio 30,73 km/h en 2005 a 24,86 km/h para 2015 (Movilidad, 2015).

En el año 2017 la menor rapidez durante un día hábil es de 21 km/h y se presenta entre las 18h y 19h, siendo las de mayor conflicto la Av. Carrera 15 y la calle 45. En contraste, la autopista norte y la calle 26 son las de mayor fluidez en la ciudad (Movilidad, 2017). Finalmente, las cifras con la rapidez por hora del día se muestran en la Figura 1.

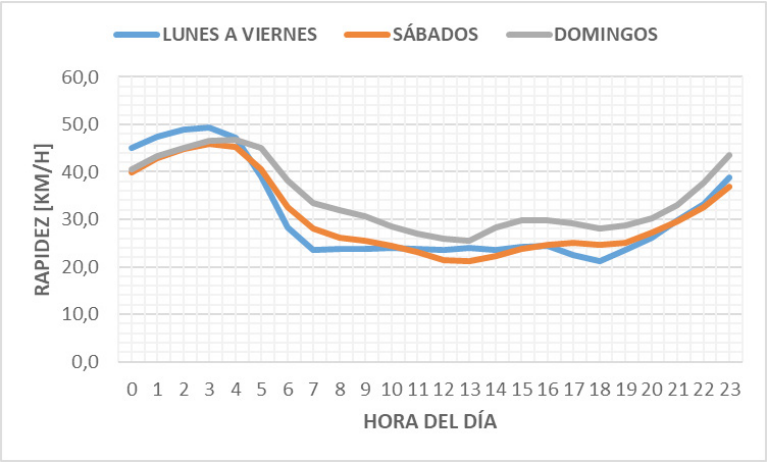


Figura 1 – Rapidez promedio durante el 2017 en Bogotá para días típicos y atípicos por hora (Movilidad, 2017).

3. Estudio de ruido ambiental

Con el objetivo de tomar muestras de ruido ambiental de un entorno local urbano, se eligió una zona de la ciudad de Bogotá-Colombia. En este sector convergen zonas de actividad financiera, comercial y universitaria lo cual permite tener un panorama del comportamiento acústico de un sitio típico urbano.

El horario de medición abarcó desde las 14:00 hasta las 17:00 horas. Muestras de cinco minutos fueron tomadas para un tiempo total de 15 minutos por cada punto.

3.1. Ubicación de los puntos de medición

Los puntos de medición fueron determinados considerando sitios de interés luego de hacer un recorrido previo en la zona de estudio. Adicionalmente, una distancia de máximo 250 metros entre cada punto fue garantizada siguiendo los lineamientos de la Resolución Colombiana de Ruido Ambiental (Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial, 2006). Debido a que se buscaba caracterizar los niveles sonoros generados por el tráfico rodado, como criterio principal para su selección se tomó la intersección de vías principales con alto flujo vehicular y la altura de medición para cada punto fue de 2 metros. De igual forma, se garantizó una distancia mayor a dos metros

de superficies reflejantes como paredes. En la Figura 2 se presenta la ubicación de los puntos de medición elegidos.



Figura 2 – Ubicación geográfica de los puntos de medición.

3.2. Mediciones realizadas en campo

La campaña de mediciones se realizó durante el primer semestre del 2019 siguiendo recomendaciones de la Resolución Nacional de ruido Ambiental Colombiana (Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial, 2006), así como la norma ISO 1996-2 (International Organization for Standardization, 2007).

Con referencia a las condiciones de la zona se puede mencionar que en el punto 1, al final de la vía (cercanía a la carrera 11) el tráfico disminuye su velocidad, por lo cual, hay eventos sonoros como bocinas y voces fuertes de personas lo cual dificulta, posteriormente, el proceso de simulación al ser fuentes acústicas adicionales al tráfico rodado.

Respecto al punto de medición 2 se pudo apreciar que la velocidad en la que circulan los vehículos pasa de aproximadamente 30 km por hora a estar prácticamente detenidos debido a reductores de velocidad que se encuentran ubicados en sobre la vía.

Por otro lado, los puntos 3 y 4 presentan gran flujo vehicular al ser la intersección de la calle 70a con carrera 9 y 11 respectivamente. Lo anterior, se suma al aumento de tráfico pesado al ser la carrera 9 y 11 vías importantes del sector nor-oriental de Bogotá.

Los puntos 5 y 6 al ser tomados sobre la avenida calle 72 mostraron gran presencia de tráfico pesado y personas. Finalmente, los puntos 7 y 8 pese a tener características similares a los 3 y 4, mostraron mayores valores de tráfico vehicular, lo cual puede estar asociado a que fueron las últimas mediciones registradas cercanas a la hora pico en donde la población flotante de la zona sale hacia sus residencias. En la Figura 3 se pueden observar fotografías de algunos de los puntos más representativos de la zona de estudio.



Figura 3 – Fotografías de los puntos de medición. Punto 3 (izquierda). Punto 6 (derecha).

De igual forma en la Figura 4, se muestran los espectros de ruido promedio por bandas de octava para los puntos 2 y 3. Es de notar que el espectro se presenta en ponderación A, debido a que se trata de una medición de ruido ambiental.

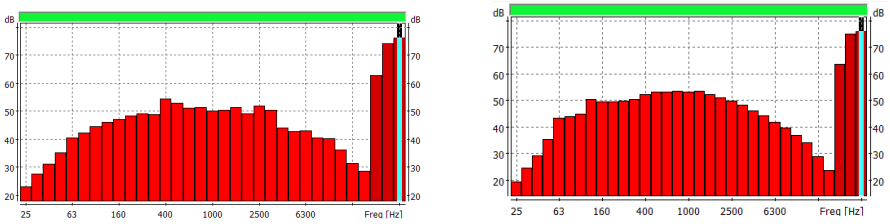


Figura 4 – Niveles de ruido promedio por bandas de octava. Punto 2 (izquierda). Punto 3 (derecha).

Al observar la Figura 4 se nota en el espectro del punto 2 mayor presencia de contenido en frecuencias medias, lo cual se puede asociar a fuentes como voces de personas al igual que la interacción de los neumáticos con los reductores de velocidad. Entre tanto, el espectro del punto 3 tiene un comportamiento uniforme con decaimiento hacia las frecuencias altas, caso típico de un espectro de ruido por tráfico rodado (Can, Leclercq, Lelong, & Botteldooren, 2010).

3.3. Simulaciones de ruido ambiental

Con el objetivo de comparar las mediciones realizadas con un modelo para el cálculo de tráfico rodado, se realizó una simulación de ruido ambiental usando el software acústico CadnaA y el modelo de predicción Frances NMPB-Routes 96 (SETRA-CERTULCPC-CSTB, 1996). Para lo anterior, datos del tráfico vehicular como: velocidad de los vehículos junto con su clasificación de aforo entre pesados y livianos, tipo de asfalto y pendiente de la carretera fueron tomados en campo. Por otro lado, el software fue alimentado con la información cartográfica oficial del distrito de Bogotá la cual contempló vías,

edificaciones con altura y curvas de nivel. El mapa de ruido obtenido es mostrado en la Figura 5 usando sistemas de coordenadas planas Magna-Sirgas para Bogotá-Colombia.

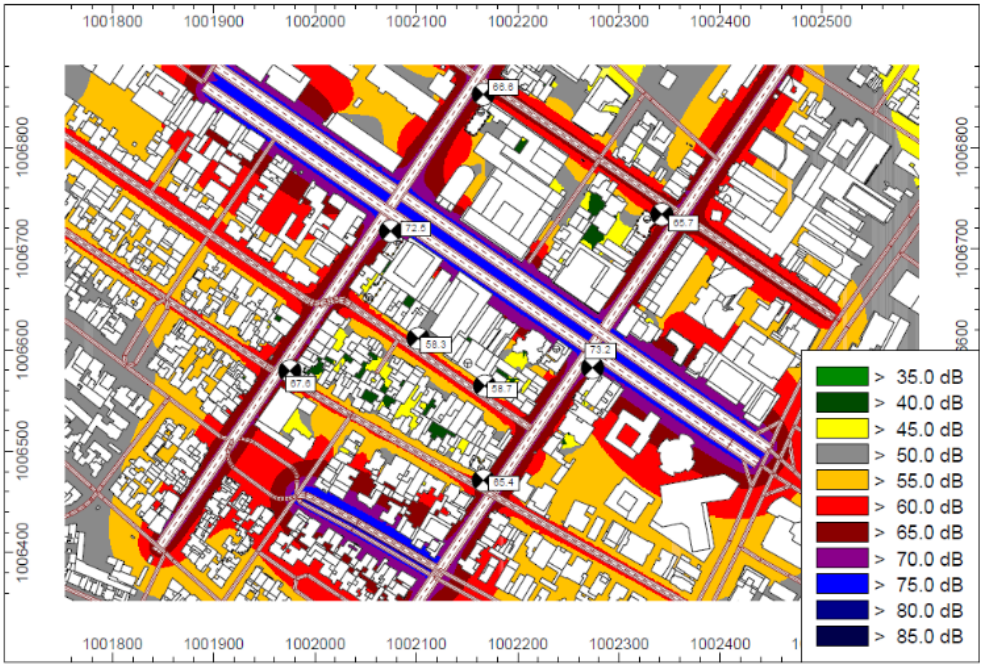


Figura 5 – Mapa de ruido obtenido con información geográfica y variables del tráfico

4. Comparación mediciones con simulaciones

En la Tabla 1 se presentan los resultados de las mediciones de nivel continuo equivalente obtenidos en ponderación A, luego de promediar energéticamente los tres registros tomados por punto de análisis. Así mismo, se comparan los datos mencionados anteriormente con los arrojados por la simulación.

Punto	Leq(A) Medido	Leq(A) Simulado	Diferencia en dB(A)
1	62,4	58,3	4,1
2	61,7	58,7	3,0
3	64,0	65,4	-1,4
4	68,7	67,6	1,1
5	67,2	72,5	-5,3
6	71,0	73,2	-2,2
7	70,4	65,7	4,7
8	70,6	66,6	4,0

Tabla 1 – Resultados mediciones en campo de ruido ambiental

Al analizar las diferencias entre mediciones y simulaciones se puede mencionar que aproximadamente un 40 % de los puntos presentan valores negativos, indicando que la simulación sobreestimó el nivel de ruido cuando es comparado con las mediciones. Esta condición se presenta en los puntos 3, 5 y 6. Por otro lado, aproximadamente el 60% de los puntos registra diferencias positivas siendo los puntos 1, 7 y 8 los de mayor valor.

Lo anterior, se pueden atribuir a varios factores. En primera medida, las diferencias de los puntos 1 y 2 se pueden asociar a la presencia de fuentes de ruido adicionales que el modelo de simulación de tráfico rodado no contempla y son propias del entorno como los reductores de velocidad y el tránsito de personas por la entrada de esta zona universitaria y comercial. Con referencia a los puntos 7 y 8 es necesario resaltar que al ser los últimos puntos medidos en horario cercano a hora pico generó el aumento de circulación de personas, vehículos y accionamiento de claxon, condiciones no contempladas en el modelo de simulación. Por otra parte, el punto 5 el cual presenta condiciones similares con respecto al 6 en cuanto al tránsito de vehículos y características físicas, fue el que mayor difirió con los datos obtenidos en campo. Finalmente, las mediciones y simulaciones fueron próximas en los puntos 3, 4 y 6.

5. Conclusión

Un estudio sobre las condiciones del tráfico vehicular que son consideradas durante el uso modelos de predicción de ruido por tráfico rodado en Bogotá-Colombia es presentado. Como variables importantes se pueden destacar la antigüedad, composición y características del parque automotor. Por otro lado, se realizó un estudio de ruido ambiental piloto en una zona urbana comparando mediciones acústicas con simulaciones en donde cerca de un 60% de los puntos presentaron sobre estimación del nivel de ruido simulado. Esto se puede asociar a la presencia de fuentes de ruido endógenas de la zona que no son consideradas por el modelo de simulación empleado. Con base en lo anterior, el uso de algoritmos para la eliminación de eventos sonoros diferentes al tráfico junto con la generación de un modelo que incluya variables características de la zona que intervienen en la generación de ruido podría mejorar la precisión en la predicción de ruido por esta fuente acústica.

Referencias

Alberts, W., Faber, N., & Roebben, M. (2016). *Road traffic noise exposure in Europe in 2012 based on END data*. 1236–1247.

Cammarata, G., Cavalieri, S., & Fichera, A. (1995). A neural network architecture for noise prediction. *Neural Networks*, *8*(6), 963–973. https://doi.org/10.1016/0893-6080(95)00016-S

Can, A., Leclercq, L., Lelong, J., & Botteldooren, D. (2010). Traffic noise spectrum analysis: Dynamic modeling vs. experimental observations. *Applied Acoustics*, *71*(8), 764–770. https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2010.04.002

Depatment of Transport and The Welsh Office. (1988). *Calculation of Road Traffic Noise*.

Doc, E. C. (1997). 29: Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports. *Doc*, *29*, 3.

EEA(Europeon Environment Agency), Braubach, M., Jacobs, D. E., Ormandy, D., REC, Umweltbundesamt, ... European Environmental Agency. (2014). Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU). *Journal of the American Podiatric Medical Association*, Vol. 122, p. 180. https://doi.org/10.2788/31776

Genaro, N., Torija, A., Ramos, A., Requena, I., Ruiz, D. P., & Zamorano, M. (2009). Modeling environmental noise using artificial neural networks. *ISDA 2009 - 9th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications*, 215–219. https://doi.org/10.1109/ISDA.2009.179

International Organization for Standardization. (2007). *Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 2: General Method of Calculation*. *1996*(pt. 2), 24.

Kephalopoulos, S., Paviotti, M., Anfosso-Lédée, F., Van Maercke, D., Shilton, S., & Jones, N. (2014). Advances in the development of common noise assessment methods in Europe: The CNOSSOS-EU framework for strategic environmental noise mapping. *Science of The Total Environment*, *482–483*, 400–410. https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2014.02.031

Kumar, P., Nigam, S. P., & Kumar, N. (2014). Vehicular traffic noise modeling using artificial neural network approach. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *40*, 111–122. https://doi.org/10.1016/j.trc.2014.01.006

Licitra, G. (2012). *Noise Mapping in the EU*. https://doi.org/10.1201/b12885

Mansourkhaki, A., Berangi, M., Haghiri, M., & Haghani, M. (2018). a Neural Network Noise Prediction Model for Tehran Urban Roads. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, *26*(2), 88–97. https://doi.org/10.3846/16486897.2017.1356327

Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial. (2006). *Resolución 0627 Del 7 De Abril De 2006*.

Movilidad, S. D. de. (2015). *Movilidad en cifras 2015*.

Movilidad, S. D. de. (2017). *Observatorio de movilidad 2017* (p. 219). p. 219.

Murphy, E., & King, E. A. (2014). Environmental Noise Pollution. In *Environmental Noise Pollution*. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-411595-8.00001-X

Parlamento Europeo. (2002). *DIRECTIVA 2002/49/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental*.

Recuero, M., Gil, C., & Grundman, J. (1996). Mapa de ruido de San Sebastián de los Reyes. Metodología de medidas y resultados. *Revista de Acústica*, 51–54.

Recuero, M., Gil, C., & Grundman, J. (1997). Mapa de ruido de Segovia . Estudio de diferentes ambientes acústicos . *Tecniacústica*, 29–32.

RUNT. (2019). El Runt En Cifras. *Runt*, p. 3. Retrieved from https://www.runt.com.co/sites/default/files/Balance anual del 2018.pdf

SETRA-CERTULCPC-CSTB. (1996). *NMPB-Routes-96*.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 12/10/2019
Aceitação/Acceptance: 28/12/2019

Aplicativo de escritorio para la clasificación contextual de coberturas de imágenes multiespectrales

Sergio Rojas[1], Javier Medina[2]

rmedina@udistrital.edu.co, sarojarb@correo.udistrital.edu.co

[1] Maestría en Ciencias de la Información y las Comunicaciones, Facultad de ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC). Sede principal: Carrera 7 No. 40B - 53. Bogotá D. C., Colombia.

[2] Proyecto Curricular Ingeniería Catastral y Geodesia, Facultad de ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC). Sede principal: Carrera 7 No. 40B - 53. Bogotá D. C., Colombia.

Pages: 615–625

Resumen: El artículo presenta la implementación de un entorno de desarrollo integrado (IDE) en MATLAB que posibilita realizar la clasificación contextual de coberturas terrestres de imágenes de satélite. La investigación se realiza a partir de tres aspectos. El primer enfoque corresponde a un análisis de la clasificación contextual de los Campos Aleatorios de Markov (MRF en inglés) que clasifica un pixel con la clase de mayor probabilidad, considerando las vecindades. El segundo enfoque aborda la implementación del aplicativo de clasificación sobre la interfaz de MATLAB. El último enfoque detalla la metodología empleada para realizar la clasificación de las coberturas de la tierra. Las imágenes satelitales clasificadas con el aplicativo implementado son validadas temáticamente y sus resultados presentan una eficacia por encima del 10% en comparación con otro software libre y licenciado.

Palabras-clave: Aplicativo de escritorio; IDE; MATLAB, MRF; Clasificación contextual de coberturas terrestres.

Desktop application for contextual classification of multispectral image coverage

Abstract: This article presents the implementation of an integrated development environment (IDE) in MATLAB that enables the contextual classification of land covers of satellite images. This research is carried out based on three aspects. The first approach corresponds to an analysis of the contextual classification of Markov Random Fields (MRF) that classifies a pixel with the highest probability label considering the neighborhoods. The second approach addresses the implementation of the classification application on the MATLAB interface. The third and final approach details the methodology used to classify land cover. The satellite images classified with the implemented application were thematically validated and their results have an efficiency above 10% compared to other free and licensed software.

***Keywords**:* Desktop Applicative; SDI; MATLAB, MRF; Contextual landcover classification.

1. Introducción

Los procedimientos convencionales de clasificación de coberturas de imágenes están basados en diferentes técnicas de discriminación espectral, tales como Malahanobis, KNN, Mínima distancia, Máxima verosimilitud, Máquinas de soporte vectorial, entre otros (Verma et al, 2019). Estos métodos no son completamente satisfactorios debido a que en el mejor de los casos posee 80% de precisión global para el tipo supervisado, y esta precisión puede ser aún menor cuando la clasificación es del tipo no supervisado (Lang, Shao, Pijanowski, & Farnsworth, 2008).

Lo anterior ha promovido en los últimos años la experimentación de diferentes procedimientos de clasificación que puedan proporcionar mejores resultados (Tarabalka, 2010). Tal es el caso de procedimientos que consideran la información contextual de las imágenes, como lo son, por ejemplo, los modelos de los Campos Aleatorios de Markov en dos dimensiones, puesto que incorporan la propiedad (markoviana), caracterizada está por la aseveración de que un dato depende solamente del evento inmediatamente anterior, introduciendo así un enfoque contextual-espacial.

En otras palabras, los MRF plantean que, si un gran número de vecinos de un píxel son de una clase, este píxel es de la misma clase. Por tanto, se consideraría no solo una dependencia espectral sino a su vez una dependencia espacial, lo que podría permitir una mejor agrupación o clasificación de píxeles en una imagen espectral o multiespectral.

Con base en las investigaciones donde se demuestra que las técnicas de los MRF mejoran los resultados de la clasificación de las coberturas de imágenes (Lorette, Descombes, & Zerubia, 2004; Gleich, 2012), el aporte significativo de la implementación de dichos modelos para la clasificación de imágenes satelitales se relaciona con el mejoramiento de las imágenes clasificadas gracias a la información contextual, obteniendo así imágenes clasificadas con mejores tazas de acierto.

El aplicativo de los MRF implementado presenta una interfaz de usuario amigable e intuitiva que está diseñada para el usuario final donde le permite desplegar y visualizar imágenes multiespectrales de satélite, combinar bandas espectrales, seleccionar el muestreo de las clases o coberturas, ejecutar diferentes métodos de clasificación supervisada -entre ellos la clasificación contextual-, así como validar la imagen clasificada. Este aplicativo es de gran valor, ya que obtiene información detallada de la cobertura terrestre que puede ser empleada para toma de decisiones sobre el monitoreo del clima, militares, la evaluación de la forma de la tierra, las aplicaciones medioambientales en entornos urbanos y rurales, además de ser útil para muchas aplicaciones específicas como el ordenamiento territorial, la agricultura, los planes de manejo ambiental, entre otros.

Este trabajo se presenta tres ejes principales en los que se despliegan la investigación. El primero se expone en la sección 2, se denomina *Arquitectura de la implementación del clasificador* y aborda la generalidad del modelo conceptual como tal del aplicativo implementado en MATLAB. El segundo aspecto es abordado en la sección 3, nombrada *Campos Aleatorios de Markov y* presenta un breve abordaje conceptual acerca de

la clasificación contextual de los MRF, seleccionado en este caso como método de clasificación. Por último, en la sección 4 se propone la descripción de la metodología para la clasificación de cobertura sobre el aplicativo, al tiempo que presenta la evaluación y comprobación de su rendimiento. Dicha evaluación se lleva a cabo comparando el rendimiento de la MRF propuesto, con otros tres métodos de clasificación (KNN, K-Medias y Malahanobis). Asimismo, la evaluación de las imágenes clasificadas obtenidas se hace a través del coeficiente Kappa y tazas de aciertos, poniendo así en evidencia la competitividad del método MRF.

Para finalizar, se presentan en las secciones 5 y 6 los resultados y conclusiones de la clasificación contextual realizada y su validación a partir de la matriz de confusión y el coeficiente kappa.

2. Arquitectura de la implementación del clasificador

La arquitectura implementada (Figura 1) para la clasificación supervisada de imágenes satelitales se genera a partir de los datos de entrada (datos raster, y otros parámetros manuales) teniendo en cuenta las librerías del software científico MATLAB. MATLAB (abreviatura de MatrizLABoratory, "laboratorio de matrices") es un sistema algebraico computacional que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio (lenguaje M). Está disponible para las plataformas Unix, Windows, Mac OS X y GNU/Linux. Además, se pueden ampliar las capacidades de MATLAB con las cajas de herramientas (toolbox) (MATLAB,2018). Este IDE fue empleado para la implementación y desarrollo del aplicativo que permite obtener la clasificación por Campos Aleatorios de Markov. MATLAB Runtime es una colección de bibliotecas y códigos compartidos que permite la ejecución de aplicaciones de MATLAB en computadoras que no tienen instalado MATLAB. Los usuarios finales que no tienen acceso a MATLAB deben instalar MATLAB Runtime en sus computadoras.

En la Figura 1 se observa los procesos que se desarrollaron para la implementación de las herramientas usando el IDE de MATLAB para la clasificación supervisada de imágenes multiespectrales.

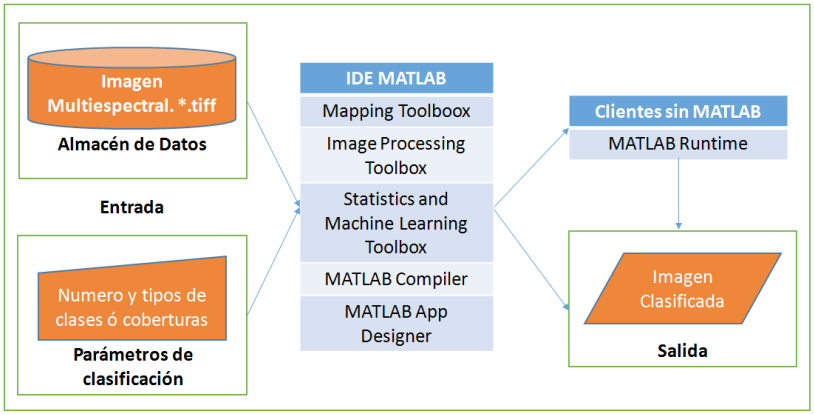


Figura 1 – Arquitectura de la implementación para la clasificación supervisada

3. Campos Aleatorios de Markov

De manera general el concepto de los modelos estocásticos de los Campos Aleatorios de Markov se usa para la predicción de eventos a partir de eventos temporal y espacialmente cercanos. Este concepto tiene numerosas aplicaciones en distintos campos como las finanzas, juegos de azar, predicción climática, telecomunicaciones y visión artificial, entre otras (Alzate, 2010) (Pantoja et al, 2010). Respecto al objeto de interés, la propuesta de incorporar los MRF al campo de la visión artificial, inicialmente fue expuesta por Besag (1974) y apoyada posteriormente por varios teóricos, quienes argumentaron que los MRF dan solución al problema de clasificación (Derin et al, 1984) (Lorette, Descombes, & Zerubia, 2004) (Acuña & Llano, 2010) (Cui et al, 2016). Según la consideración de que se requiere encontrar una función $\boldsymbol{f}$ que le asigne la etiqueta $\boldsymbol{L}$ en una posición o sitio $\boldsymbol{s}$ considerando la *información contextual* $\boldsymbol{f}: \mathbf{s} \rightarrow \mathbf{L}$. De acuerdo a esto, el conjunto $\boldsymbol{L}$ de etiquetas puede ser continúo o discreto dependiendo de la aplicativo y de las clases definidas por el usuario (Ejemplo: agua, bosque, pasto o áreas residenciales), o en detección de bordes (bordes, o no bordes) (Lopez, 2007). Por su parte, cada sitio $\boldsymbol{s}$ puede ser definido como un vector de píxeles o un vector de variables aleatorias o de características, por ejemplo: los valores de un píxel en cada una de las diferentes bandas espectrales.

De otro lado, la *información contextual* también llamada *propiedad markoviana* es dada por las conexiones entre nodos o píxeles. En la Figura 1 se presenta las conexiones más comunes empleadas en los Campos Aleatorios de Markov (Blake & Kohli, 2011).

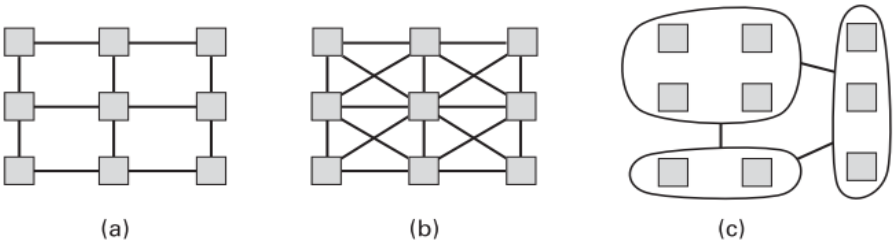


Figura 2 – Conexiones comunes para los modelos de campo aleatorios
Fuente: Mather & Tso, 2009

En la figura 2 se observa (a) Conexión simple de 4 píxeles, (b) Conexión de 8 píxeles y (c) Conexiones irregulares en el que los nodos son grupos de píxeles adyacentes con características espectrales similares. Por lo tanto, los MRF definen que la clase o etiqueta de un sitio o pixel dependerá de sus sitios o píxeles vecinos y es más probable que un píxel tenga la misma etiqueta que sus píxeles vecinos. Para generar una clasificación supervisada contextual empleando los MRF se requiere a su vez definir un modelo espectral que provea la probabilidad condicional de clase (Mather & Tso, 2009).

El modelo espectral de agrupamiento puede ser: KNN, Kmedias, Malahanobis, distancia mínima..., etc. Para el aplicativo se implementó como modelo espectral (energía condicional de clase) el algoritmo de K vecinos más cercanos mediante un enfoque

bayesiano, a partir de su función de energía a priori (modelo espacial) para determinar la función objetivo o energía a posteriori (ecuación 1).

Energía aposteriori = Energía a priori + Energía condicional de clase (1)

El modelado por medio del MRF actúa etiquetando por minimización de esta energía posterior y hasta que logre convergencia, empleando el algoritmo de *Modos iterativos condicional ICM*. De este modo surge la clasificación contextual de los Campos Aleatorios de Markov.

3.1. Modos iterativos condicional ICM

ICM es un método de minimización energía aposteriori (Liao, Tang, Rosenhahn, & Yang, 2015). En éste algoritmo iterativo se visita n-veces cada píxel calculando su etiqueta a partir de la influencia de las etiquetas de los píxeles vecinos y la matriz de covarianza. En cada una de las iteraciones se compara la energía aposteriori de la etiqueta de la iteración actual con la iteración anterior, asegurándose la etiqueta con la menor energia aposteriori. A continuación, se describen las sentencias:

while(iter<nveces)

1. *Obtener las medias y desviaciones de cada clase de acuerdo a la matriz de covarianza de las clases de entrenamiento e imagen (Energía condicional de clase).*
2. *Determinar la influencia de las etiquetas de los vecinos (Energía de a priori)*
3. *Determinar la energía aposteriori (1)*
4. *Actualizar etiqueta minimizando la energía aposteriori*

iter=iter+1;
end

4. Metodología e implementación de los MRF para la clasificación supervisada de imágenes de satélite.

A continuación, se describe la metodología de clasificación supervisada contextual.

4.1. Adquisición de las imágenes Multiespectrales

El insumo principal consistió en imágenes satelitales ópticas multiespectrales (de acceso libre) de los sensores LandSat 8 OLI, y Sentinel 2A, en un área aproximadamente de 40.401 hectareas comprendida en municipios de Puerto López, San Carlos de Garagoa, y Villavicencio (Meta - Colombia) como se observa en la figura 3.

Landsat 8 es un satélite de observación terrestre (Irons, Dwyer, & Barsi, 2012) estadounidense lanzado el 11 de febrero de 2013. Es el octavo y más reciente satélite del proyecto Landsat operado por la NASA y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) desde 1972. El satélite Landsat 8 transporta dos instrumentos OLI (Operational Land Imager) y TIRS (Thermal Infrared Sensor). El sensor OLI proporciona ocho

bandas espectrales con resolución espacial de 30 metros, y una banda pancromática de 15 metros de resolución espacial. En cuanto al sensor TIRS, este captura dos bandas con resolución espacial de 100 metros.

Sentinel-2A es el resultado de una colaboración estrecha entre la ESA (agencia espacial europea), la Comisión Europea, la industria, los proveedores de servicios y los usuarios de datos (ESA, 2015). Ha sido diseñado y construido por un consorcio de 60 compañías liderado por Airbus Defence and Space, con el apoyo de la agencia espacial francesa CNES para optimizar la calidad de las imágenes, y del Centro Aeroespacial Alemán DLR para mejorar la recuperación de datos mediante comunicaciones ópticas.

Sentinel 2 lleva abordo una innovadora cámara multiespectral de alta resolución, con 13 bandas espectrales, que varían entre 10m, 20m y 60m de resolución espacial, que aportan una nueva perspectiva de la superficie terrestre y la vegetación.

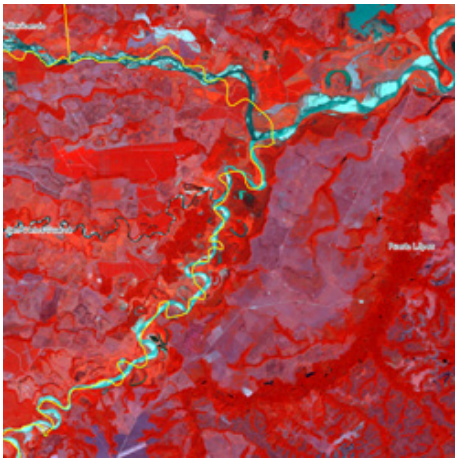


Figura 3 – Captura de pantalla de la imagen multiespectral del sensor LandSat 8 OLI, en combinación (R: IRC, G: Verde, B: Rojo) adquirida el 23 de diciembre del 2018.

4.2. Selección de muestras de entrenamiento

La selección de muestras o grupos de píxeles representativas de una clase o categoría se basó en el método propuesto por Congalton y Plourde (2003), donde se requiere un conocimiento previo de la proporción de las coberturas en la zona de estudio, por lo cual se recurre a la capa oficial de cobertura de la tierra del periodo 2007 - 2009 para Colombia.

Para el tercer nivel de la leyenda Corine Land Cover en la zona de interés que abarca un área de 39.788 hectáreas, se identifican 9 tipos de coberturas en nivel 2, caracterizadas por cinco categorías predominantes, siendo la cobertura de *pastos* la más preponderante, con cerca de 17.945 hectáreas.

De acuerdo a lo anterior, se toman en consideración solo 5 tipos de coberturas representativas que corresponden a más del 98% del total de la cobertura. A continuación, se referencia la cantidad mínima de muestras para las categorías de cobertura predominantes.

Clases	Numero de muestras	Cobertura
1	657	Pastos
2	454	Bosques
3	318	Vegetación secundaria
4	238	Cultivos
5	109	Aguas continentales

Tabla 1 – Relación cantidad mínima de muestras por cobertura

4.3. Clasificación contextual de Campos Aleatorios de Markov como algoritmo de entrenamiento

Para la clasificación contextual de Campos Aleatorios de Markov se emplea el aplicativo desarrollad. Para lo anterior, para lo cual se proponen los siguientes pasos:

Paso 1. Registrar la imagen multiespectral original en el visor, para este caso de estudio se trabajó con la composición a color RGB (R: IRC, G: Verde, B: Rojo).

Paso 2. Seleccionar el número de clases y las zonas correspondientes a cada clase, como por ejemplo 4 clases y 4 polígonos como lo indica la figura 4.

Paso 3. Se aplica la técnica de clasificación de los Campos Aleatorios de Márkov o cualquier otra técnica de clasificación experimental o clásica (figura 4) y de este modo se obtendrá una imagen clasificada que puede ser almacenada con formato TIFF, JPG, BPM, entre otros formatos.

Paso 4. Se puede observar la coherencia de la nueva imagen clasificada y almacenarla y variar los parámetros de clasificación, tales como el número de vecinos o el número de iteraciones (figura 4).

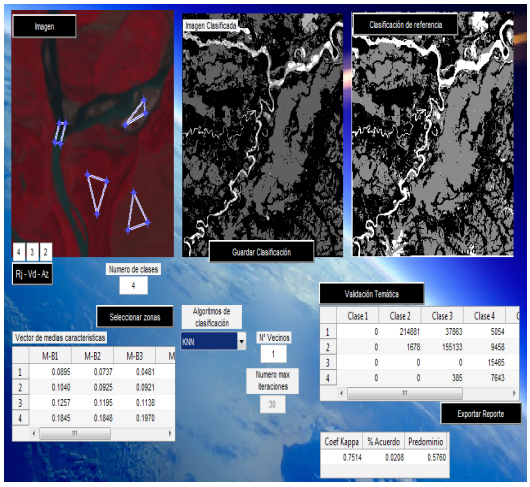


Figura 4 – Selección de áreas de entrenamiento

Paso 5. Con la imagen clasificada se puede realizar su validación de la exactitud temática de la misma empleando matrices de error, coeficiente kappa (Cohen, 1960) y porcentaje de acuerdo (figura 5).

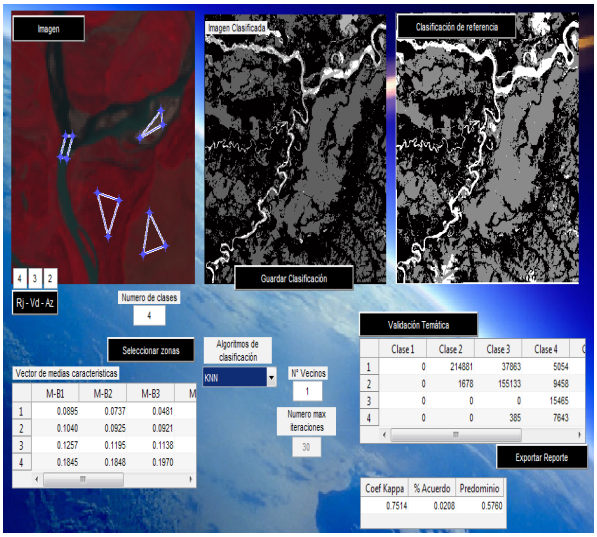


Figura 5 – Validación temática

El coeficiente Kappa (Cohen, 1960) es una medida de exactitud que establece la diferencia entre lo real y lo esperado, es un valor numérico que varía entre 0 y 1 (tabla 2). Siendo 1 una concordancia plena entre la realidad y lo clasificado en las imágenes, mientras un valor cercano a 0 sugiere que la correspondencia observada es puramente debida al azar. El porcentaje de acuerdo da cuenta de la concordancia de los valores reales frente a los esperados, sin tener en cuenta los errores (de omisión o de comisión).

Valoración del Índice Kappa	Fuerza de la concordancia
< 0.20	Pobre, leve
0.21 – 0.40	Aceptable
0.41 – 0.60	Moderada
0.61 – 0.80	Considerable
0.81 – 1.00	Casi perfecta

Fuente: Cohen, 1960

Tabla 2 – Interpretación del coeficiente kappa

5. Resultados

El resultado principal es el aplicativo implementado en MATLAB el cual permite realizar la clasificación supervisada contextual (Figuras 4 y5). De acuerdo con esto, se presentan

los mapas clasificados (mapa 6) con las 5 clases anteriormente mencionadas para cada uno de los insumos satelitales LandSat 8 y Sentinel 2A.

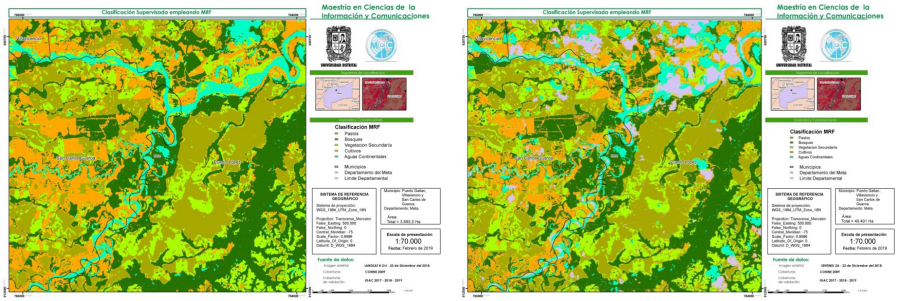


Figura 6 – Mapas resultante de la clasificación

Ahondando en la calidad de los resultados, la cobertura que presenta mejor precisión es la cobertura de *pastos*, con un coeficiente Kappa de 0.80 para ambos insumos satelitales, lo que es representativo puesto que corresponde a la clase con mayor ocupación y área. Por su parte, las clases 3, 4 y 5 son las coberturas que presentan mayor confusión entre sí, lo cual es predecible debido al alto grado de heterogeneidad de ciertas coberturas, como los cultivos de arroz, que espectralmente podrían confundirse con cuerpos de agua y vegetación secundaria teniendo en cuenta su fisiología inundable. Consecuencia de esto es la disminución de la tasa de acierto de los algoritmos de clasificación supervisada aplicados a la imagen de satélite.

De otra parte, la tabla 3 presenta tanto el acuerdo como el coeficiente kappa de los clasificadores usados, a saber, KNN, Malahanobis - ERDAS y K-Medias, los cuales fueron usados sobre las mismas imágenes, los mismos polígonos de entrenamiento y el mismo raster de validación.

Método de clasificación	**LandSat 8 OLI**		**Sentinel 2A**	
	Acuerdo	Coeficiente Kappa	Acuerdo	Coeficiente Kappa
KNN	58.60%	0.397	54.75%	0.346
Malahanobis - ERDAS	59.89%	0,44	49.67	0.3081
K-Medias	64.04%	0.504	65.28%	0.518
MRF	**65.09%**	**0.520**	**66.29%**	**0.531**

Tabla 3 – Comparación de los resultados obtenidos de la validación temática

En la tabla 3 se puede observar el clasificador MRF, presenta mayor eficacia, ya que tuvo el índice Kappa más alto entre los cuatro clasificadores analizados, cumpliendo así con el objetivo de lograr una clasificación con un índice de exactitud temática considerablemente competitivo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se demuestra que el aplicativo implementado ha conseguido generar una clasificación con mejores niveles de exactitud temática que con los otros métodos clasificaciones convencionales validadas de uso comercial con las dos imágenes de satélite usadas. Esos mejores niveles de exactitud temática se ven plasmadas con las métricas de eficacia de coeficiente Kappa y porcentaje de acuerdo, donde la clasificación MRF mejora en algunos casos hasta más del 16% el porcentaje de acuerdo en comparación a la clasificación espectral KNN y del mismo modo presenta coeficiente Kappa hasta 0.23 mayor siendo el grado de acuerdo sustancial con respecto a la clasificación espectral de Malahanobis.

6. Conclusiones

Este trabajo ha realizado un aplicativo de escritorio para la clasificación supervisada contextal de los MRF desarrollada en MATLAB, usando como insumo imágenes de satélite Landsat 8 y Sentinel 2A. Su funcionamiento se basa en la identificación adecuada de las vecindades espaciales y espectrales, que permiten eliminar posibles ambigüedades, y de este modo agrupar los píxeles de una imagen a sus correspondientes clases, mejorando la tasa de acierto de la clasificación de imágenes de satélite. Este se logró gracias a la aplicación de técnicas estadísticas y de machine learning sobre datos de imágenes de observación de la tierra.

En cuanto a los IDE de MATLAB, una funcionalidad importante para este proyecto fue la de Mapping toolbox que permite conservar el sistema de referencia espacial, lo que es beneficioso para los investigadores que buscan experimentar con nuevos algoritmos sobre imágenes de observación de la tierra y personal especializado en teledetección.

Referencias

Acuña, A. J., & Llano, E. G. (2010). Estado actual de los métodos automáticos de anotación semántica de imágenes de teledetección espacial.

Alzate, M. A. (2009) Exact statistics of a complex Markov chain through state reduction: A satellite on-board switching example,*2009 IEEE Latin-American Conference on Communications*, Medellin, 2009, pp. 1-7. doi: 10.1109/LATINCOM.2009.5304888

Besag, J. (1974). Spatial interaction and the statistical analysis of lattice systems. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B*, 36(2), 192–236. https://doi.org/10.2307/2984812

Blake, A., Kohli, P., & Rother, C. (2011). Markov Random Field for Vision and Image Processing Image

Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales, *Educational and Psychological Measurement,* 20, 37-46. http://dx.doi.org/10.1177/001316446002000104

Cui, Z., Wang, Y., Gao, X., Li, J., & Zheng, Y. (2016). Multispectral image classification based on improved weighted MRF Bayesian. *Neurocomputing,* 212, 75–87. https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.03.097

Derin, H., Elliott, H., Cristi, R., & German, D. (1984). Bayes Smoothing Algorithms for Segmentation of Binary Images Modeled by Markov Random Fields. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,* PAMI-6(6), 707–720. https://doi.org/10.1109/TPAMI.1984.4767595

European Space Agency – ESA (2015), Sentinel – retrieve from https://www.esa.int/ESA_in_your_country/Spain/SENTINEL_2

Gleich, D. (2012). Markov random field models for non-quadratic regularization of complex SAR images. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing,* 5(3), 952–961. https://doi.org/10.1109/JSTARS.2011.2179524

Irons, J. Dwyer, J. & Barsi, J. (2012). The next Landsat satellite: The Landsat Data Continuity Mission, *Remote Sensing of Environment*, 122, pp. 11-21, doi:10.1016/j.rse.2011.08.026

Lang, R., Shao, G., Pijanowski, B. C., & Farnsworth, R. L. (2008). Optimizing unsupervised classifications of remotely sensed imagery with a data-assisted labeling approach. *Computers & Geosciences*. https://doi.org/10.1016/j.cageo.2007.10.011

Liao, W., Tang, J., Rosenhahn, B., & Yang, M. Y. (2015). Integration of Gaussian Process and MRF for Hyperspectral Image Classification, 3–6.

Lopez, E. (2007). Segmentación de Coberturas de la tierra espectralmente similares empleando CAM, características y geometría estocástica.

Lorette, A. Descombes, X. & Zerubia, J. (2004). Texture Analysis through a Markovian Modelling and Fuzzy Classification: Application to Urban Area Extraction from Satellite Images. *International Journal of Computer Vision*, 36(3), 221–236.

Mather, P., & Tso, B. (2009). Classification methods for remotely sensed data.

Pantoja, J., Giraldo, F., Rubio, Y., Rojas, V., (2010). Image Segmentation using MRF. *Vision Electronica*, 12.

Plourde, L., & Congalton, R. (2003). Sampling method and sample placement: how do they affect the accuracy of remotely sensed maps. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,* 69(3), 289–297. https://doi.org/0099-1112/03/6903–289$3.00/0

Verma V.K., Srivastava S., Jain T., Jain A. (2019) Local Invariant Feature-Based Gender Recognition from Facial Images. In: Bansal J., Das K., Nagar A., Deep K., Ojha A. (eds) *Soft Computing for Problem Solving. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 817. Springer, Singapore

Y. Tarabalka, M. Fauvel, J. Chanussot and J. A. Benediktsson, "SVM- and MRF-Based Method for Accurate Classification of Hyperspectral Images," in *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, vol. 7, no. 4, pp. 736-740, Oct. 2010. doi: 10.1109/LGRS.2010.2047711

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 29/10/2019
Aceitação/Acceptance: 23/12/2019

Diseño e implementación de una arquitectura de comunicación entre dispositivos tecnológicos basados en comunidades de agentes para un salón inteligente

Charlie Cardenas[1], Luis Barba-Guaman[1], Jorge Cordero[1]

cacardenas@utpl.edu.ec, lrbarba@utpl.edu.ec, jmcordero@utpl.edu.ec

[1] Universidad Técnica Particular de Loja, Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica, 1101608, Loja, Ecuador.

Pages: 626–635

Resumen: Este trabajo describe la implementación de una arquitectura multiagente basado en comunidades de agentes para la comunicación entre dispositivos que existen en el aula de clases. Tomando en cuenta que en la actualidad las aulas disponen de un sinnúmero de dispositivos ejecutándose, pero sin funcionar de manera inteligente; si no, solo cuando el docente lo manipule. Por lo tanto, la creación de esta arquitectura permite que exista una comunicación entre estos dispositivos basándose en comunidades de agentes, con la finalidad de que el ambiente en el aula mejore y se adapte al contexto para que los estudiantes mejoren su capacidad de entendimiento, ya que el aula estará en las condiciones óptimas para que el proceso de enseñanza aprendizaje sea el ideal. La metodología usada es MASINA, esta permite documentar las conversaciones de los agentes y para el desarrollo del sistema se utilizó el JADE framework que usa el lenguaje estándar para la comunicación de agentes.

Palabras-clave: JADE; metodología MASINA; sistemas multiagentes; aula inteligente; comunidades de agentes.

Design and implementation of a communication architecture between technological devices based on agent communities for a smartclasroom

Abstract: This paper describes the implementation of a multi-agent architecture based on communities of agents for communication between devices that exist in the classroom. Taking into account that nowadays classrooms have an endless number of devices running, but not working intelligently, if not, only when the teacher manipulates it. Therefore, this architecture allows there to be communication between these devices based on communities of agents, with the aim that the environment in the classroom improves and adapts to the context so that students improve their capacity of understanding, since the classroom will be in the optimal conditions so that the learning teaching process is the ideal one. The methodology

used is MASINA, which allows documenting the conversations of these agents and for the development of the system, JADE framework was used, which uses the standard language for the communication of agents.

***Keywords**:* JADE; MASINA methodology; multi-agent systems; smart classroom; agent communities.

1. Introducción

En la actualidad las empresas, universidades e institutos de educación plantean la innovación en el aula de clases, de manera que esta sea más interactiva y brinde una experiencia única, usando y vinculando las nuevas tendencias educativas con la tecnología (Rivero-Albarrán, Ulloa-Erazo, Guerra, Arellano, & Arciniegas, 2019). Uno de los problemas que existe en el aula de clase es la integración, organización y comunicación de dispositivos tecnológicos tal como proyectores, teléfonos inteligentes, computadores, sensores, entre otros en un solo ambiente inteligente, que apoye el aprendizaje de alumnos y profesores. Los autores (Aguilar, Rios, Hidrobo, & Cerrada, 2013) explican algunos prototipos que integran dispositivos (computadores, herramientas industriales, entre otros) en el ámbito industrial. Un ambiente inteligente en entornos educativos, contribuye a mejorar el proceso de enseñanza- aprendizaje, adaptando el ambiente de forma dinámica a las necesidades de los estudiantes (Augusto, Nakashima, & Aghajan, 2010; Mikulecký, 2012). Por ejemplo, en (Aguilar, Valdiviezo, Cordero, & Sánchez, 2015) se propone un diseño conceptual de un salón de clases inteligente (SaCI), sensible al contexto, que apoya al proceso de enseñanza-aprendizaje a través de dispositivos colaborativos y aplicaciones que facilitan el autoaprendizaje.

De acuerdo con (Ferber, 1999), un agente percibe su entorno por medio de sensores y actúa racionalmente sobre ese entorno por medio de actuadores. Además, en (Aguilar et al., 2015) explican que una comunidad de agentes es un conjunto de agentes, con los mismos roles, funcionalidades o características, que pueden trabajar independiente o conjuntamente del resto de comunidades para su integración. SaCI es un Smart Classroom (Aguilar, Chamba-Eras, & Cordero, 2016), donde su entorno de despliegue fue propuesto en (Sánchez, Aguilar, Cordero, & Valdiviezo, 2015) llamado AmICL (del inglés Ambient Intelligence for C-Learning).

En cuanto a la metodología aplicada en el presente trabajo se utiliza la metodología de especificación de agentes MASINA (MultiAgent Systems for INtegrated Automation) propuesta en (Aguilar, Cerrada, & Hidrobo, 2007; Aguilar et al., 2013). Esta metodología consta de las fases de: conceptualización, análisis, diseño, codificación y pruebas, integración, y operación y mantenimiento. Un ejemplo aplicación de la metodología MASINA la encontramos en (Buitrago & Sánchez, 2018).

Con estos antecedentes se plantea aplicar los conceptos en un aula de clases para que exista una comunicación entre los dispositivos existentes, para gestionar las condiciones ambientales y que los dispositivos se adapten al contexto, con la finalidad de fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por tal motivo se planteó un prototipo de reserva de aula para que la misma permita la activación de los agentes y cumpla con el objetivo propuesto.

2. Metodología

La metodología aplicada en el presente trabajo es MASINA, que es una extensión del modelo orientado a objetos MASCommonKADS (Iglesias & Garijo, 2005)y esta metodología es usada para el desarrollo del *Sistema Multiagentes* (SMA) en un proceso de automatización industrial. Consta de seis fases: 1) conceptualización, 2) análisis, 3) diseño, 4) codificación y pruebas, 5) integración y, 6) operación y mantenimiento. La Tabla 1 contiene la definición de cada una de estas fases que contiene la metodología.

Fase	Definición
Conceptualización	*Se propone una arquitectura preliminar del sistema, se identifican todos los componentes que pueden resultar del agente.*
Análisis	*Se describe los elementos básicos para el SMA.* • *Modelo de Agente* • *Modelo de tareas* • *Modelo de inteligencia* • *Modelo de coordinación* • *Modelo de comunicación*
Diseño	Se genera la arquitectura final del SMA
Codificación y pruebas	Se codifica y prueba cada uno de los agentes que conforman el SMA Se establecen escenarios para validar las conversaciones de los agentes generados.
Integración	*Se realiza el acoplamiento de la arquitectura computacional para la comunicación entre los dispositivos tecnológicos.*
Operación y mantenimiento	*Se realizan tareas de experimentación y actualización (mantenimiento), de los componentes de la arquitectura computacional.*

Tabla 1 – Definición de las fases de MASINA

A continuación, la Tabla 2 describe brevemente los rasgos del uso de la metodología en el SMA planteado anteriormente.

Fase	Descripción del desarrollo
Conceptualización	*En esta fase se define el agente principal llamado Reservation Agent, que se encarga de realizar la primera conversación con todos los agentes:* ***Resources Agent, Broadlink Agent, Temperature Agent y Luminance Agent.***
Análisis	En esta fase se establece las tareas principales que va tener cada agente. • *Reservation Agent:* Realizar búsqueda de reservas disponibles para la hora y fecha actual. • *Resources Agent: Encargado de abrir todos los recursos multimedia o de ofimática que se vaya a usar en el evento.* • *Broadlink Agent: Encargado del encendido o apagado de los dispositivos tecnológicos.* • *Temperature Agent: Encargado del control de temperatura a través de los sensores.* • *Luminance Agent: Encargado del control de luminosidad a través de los sensores.*

Fase	Descripción del desarrollo
Diseño	En esta fase se representa la especificación de los diagramas de clases para la codificación correspondiente y se modela la base de datos.
Codificación y pruebas	Se establece como lenguajes a: Java, Python y Javascript; como frameworks a: JADE (Java Agent Development Framework), Django y Angular CLI. Para las pruebas individuales de cada agente se establece dos escenarios los cuales se hablan más adelante.
Integración	*Una vez realizada las pruebas unitarias de cada agente, se procede a integrar cada uno de ellos.*
Operación y mantenimiento	*Se realizan tareas de experimentación y actualización (mantenimiento), de los componentes de la arquitectura computacional.*

Tabla 2 – Desarrollo de la Metodología MASINA

3. Arquitectura de Diseño

Es importante mencionar que, se plantearon dos arquitecturas de diseño en la implementación del sistema. La Figura 1 describe la arquitectura de componentes de hardware basados en comunidades de agentes. Dentro de las comunidades están las que gestionan las condiciones ambientales, estas contienen los sensores de luminosidad y temperatura; seguidamente tenemos las que representan los objetos estáticos como son los actuadores de multimedia y ambientales; finalmente están las que administran el proceso de aprendizaje, estas controlan los recursos (audio, texto, video) que permiten visualizarse dentro del aula inteligente.

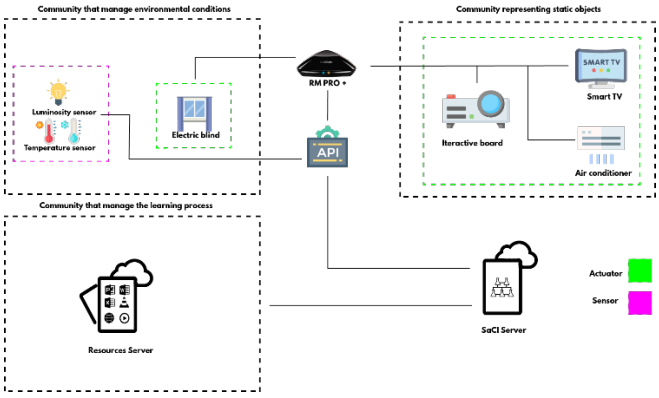


Figura 1 – Arquitectura de componentes de hardware, basado en comunidades de agentes

La Figura 2 describe una arquitectura de software basada en n-capas, donde la **capa de servicios** permite que el sistema pueda comunicarse con servicios externos o internos; en la **capa de negocio** residen las funciones que permiten la comunicación de los agentes; y en la **capa de persistencia** se encarga de almacenar los datos generados por los sensores y la comunicación de agentes.

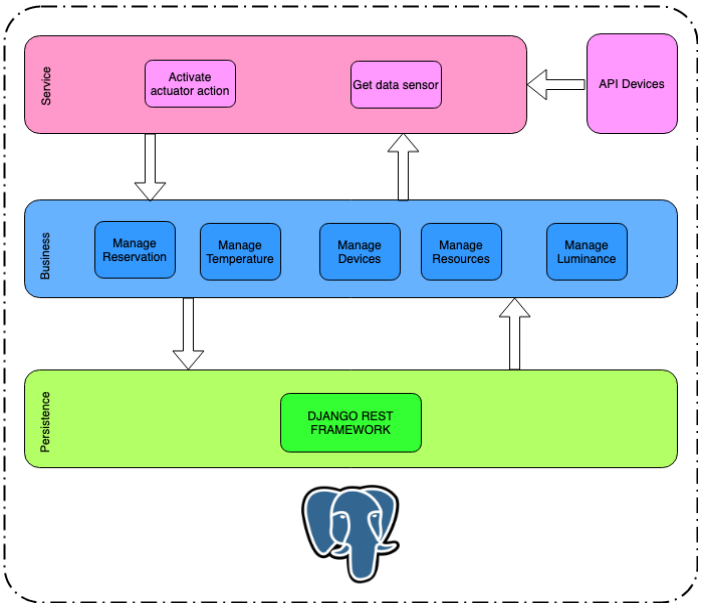


Figura 2 – Arquitectura de software, n-capas

El diagrama de caso de uso general se visualiza en la Figura 3**,** este diagrama se basa en la administración del aula inteligente mediante un sistema de reserva, donde los agentes que interactuan con el sistema son:

- *Reservation Agent*
- *Broadlink Agent*
- *Resource Agent*
- *Temperature Agent*
- *Luminance Agent*

La Figura 4 presenta el *acto de habla*, el proceso empieza cuando el agente denominado *Reservation Agent* inicia la conversación de acuerdo con el contexto de reservar el aula de clases, este agente busca un evento disponible; si esto sucede, se activa el *Temperature Agent, Broadlink Agent, Luminance Agent y Resource Agent* estos agentes se encargan de administrar la temperatura, los dispositivos, la luminosidad y los recursos de aprendizaje, este acto de habla finaliza cuando los agentes retornen un mensaje de ***éxito***.

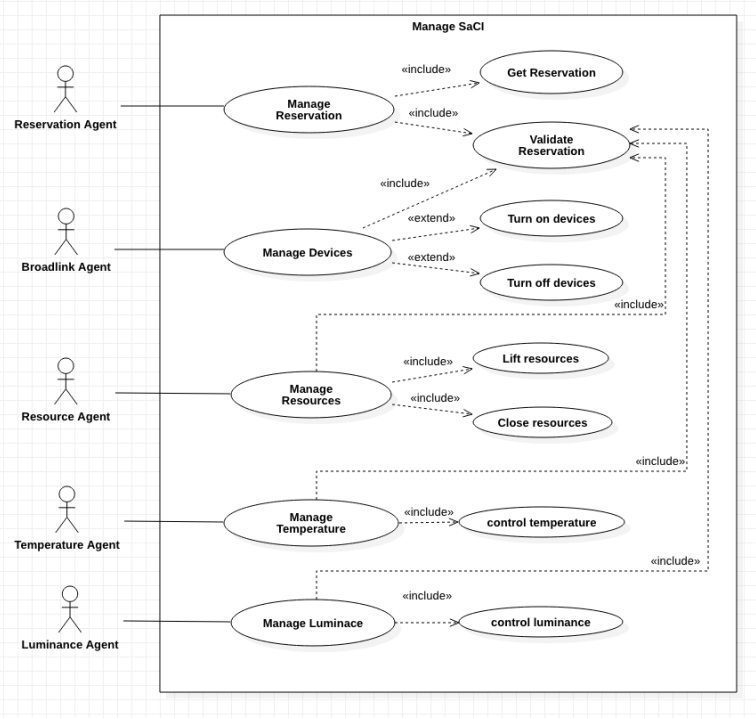


Figura 3 – Caso de uso general para el aula inteligente

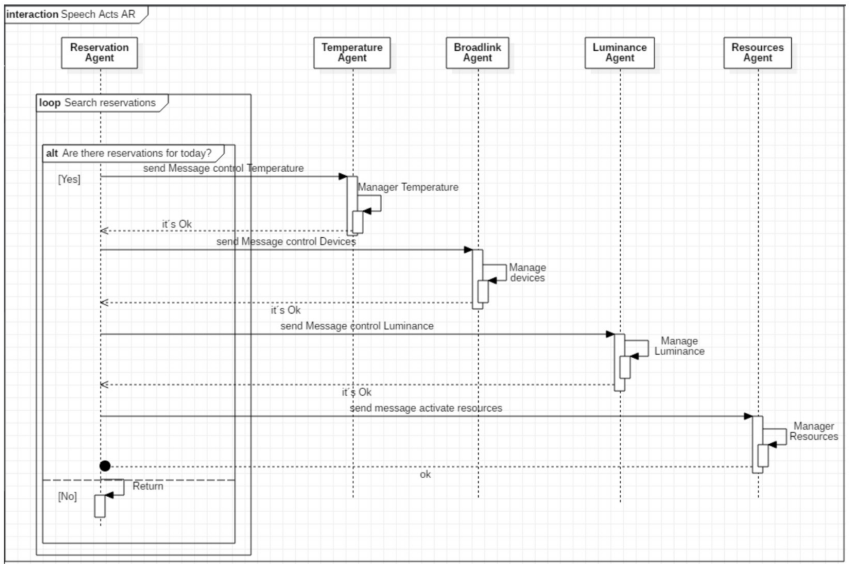


Figura 4 – Diagrama de interacción general

4. Desarrollo

Para la implementación del SMA se necesita de componentes hardware y software. Particularmente, la Tabla 3 describe los sensores que permiten el control ambiental y los dispositivos que se encuentran en el salón inteligente. Además, la Tabla 4 describe los marcos de referencia conocidos como *framework* en el desarrollo del software.

En el desarrollo de la solución se crearon cuatro subsistemas que integran el salón inteligente, estos se detallan a continuación:

- **Saly:** Sistema de reserva del aula, este sistema permite a los agentes activarse cuando existe el evento.
- **API devices:** Endpoint que permite la conversión de los dispositivos físicos a objetos de software.
- **Server JADE:** software que comunica a los agentes que se representan en la solución propuesta basada en comunidades de agentes.
- **Server resources:** Endpoint que permite almacenar todos los recursos que se necesiten en ese evento como, por ejemplo: presentaciones, videos, imágenes, enlaces externos, entre otros.

Dispositivo	Características
RM PRO	*Controla los dispositivos a través de una señal de infrarrojos o radio frecuencia, que son los medios que disponen los electrodomésticos.*
Ambiental Sensor	*Posee cinco sensores:* • *Humedad* • *Ruido/voz* • *Luminosidad* • *Calidad de aire* • *Temperatura*

Tabla 3 – Descripción de hardware para el aula inteligente

Nombre	Características
JADE Framework	*Framework para el desarrollo de SMA basado en el estândar FIPA, usa el lenguaje java.*
Django Rest Framework	*Kit de herramienta para crear API Rest basado em el lenguaje python.*

Tabla 4 – Descripción de framework a usar

5. Pruebas y Resultados

Para evaluar el correcto funcionamiento de la arquitectura planteada se establecieron dos escenarios:

- *1er. Cuando las reservas son discontinuas: este escenario se da cuando las reservas tienen un minimo de 15 minutos de descanzo en cada reserva del aula.*
- *2do. Cuando las reservas son continuas: este escenario se da cuando las reservas son continuas, esto quiere decir que el aula siempre pasa en uso.*

Las pruebas se ejecutan a tráves de los siguientes actos de habla:

- *Buscar reservas (SR)*
- *Controlar temperatura (TC)*
- *Controlar luminosidad (LC)*
- *Encendido de dispositivos (DO)*
- *Apagado de dispositivos (DoF)*

Los resultados de estos dos escenarios se describen en las Tablas 5 y 6 respectivamente.

Test	Actos de habla				
	SR	TC	LC	DO	DoF
1	Si	Si	Si	Si	Si
2	Si	Si	Si	Si	Si
3	Si	Si	Si	Si	Si
4	Si	Si	Si	Si	Si
5	Si	Si	Si	Si	Si
6	Si	Si	Si	Si	Si
7	Si	Si	Si	Si	Si
8	Si	Si	Si	Si	Si
9	Si	Si	Si	Si	Si
10	Si	Si	Si	Si	Si

Tabla 5 – Resultados 1er escenario

Test	Actos de habla				
	SR	TC	LC	DO	DoF
1	Si	Si	Si	Si	Si
2	Si	Si	Si	No	No
3	Si	Si	Si	No	No
4	Si	Si	Si	No	No
5	Si	Si	Si	No	No
6	Si	Si	Si	No	No
7	Si	Si	Si	Si	Si
8	Si	Si	Si	No	No
9	Si	Si	Si	Si	Si
10	Si	Si	Si	No	No

Tabla 6 – Resultados 2do escenario

De acuerdo con los resultados obtenidos se evidencia que en el 1er escenario las conversaciones entre los agentes fueron éxitosas, en cambio con el 2do escenario no sucedió lo mismo, esto por problemas con algunos dispositivos que no estaban actualizados en su version reciente; por otro lado, las conversaciones restantes fueron éxitosas.

Estas pruebas se las realizaron en el aula 723 del laboratorio de investigación e innovación docente de la Universidad Técnica Particular de Loja. A continuación, en la Figura 5 se muestra en aula en su totalidad con sus respectivos dispositivos.



Figura 5 – Dispositivos tecnológicos que integran el aula inteligente

6. Conclusiones

En esta investigación se propone una arquitectura de comunicación entre dispositivos basado en la metodología de especificación de agentes MASINA. El enfoque parte del principio de que múltiples agentes dispositivos en un salón inteligente deben comunicarse entre sí para gestionar el entorno y fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje.

La arquitectura diseñada y planteada permite que en cada comunidad de agente se pueda agregar diferentes componentes de hardware y software sin que el sistema sufra algún cambio dástrico, ya que está basada en el modelo de arquitectura hexagonal.

La importancia de la comunicación entre dispositivos que se propone en esta investigación, permite que todo dispositivo que se encuentre integrado en el aula de clases pueda ser un agente inteligente implementándolo con JADE framework.

Referencias

Aguilar, J., Cerrada, M., & Hidrobo, F. (2007). A methodology to specify multiagent systems. *Proceedings KES International Symposium on Agent and Multi-Agent Systems: Technologies and Applications*, 92–101.

Aguilar, J., Chamba-Eras, L., & Cordero, J. (2016). Specification of a smart classroom based on agent communities. In *New Advances in Information Systems and Technologies* (pp. 1003–1012). Springer.

Aguilar, J., Rios, A. B., Hidrobo, F., & Cerrada, M. (2013). *Sistemas MultiAgentes y sus Aplicaciones en Automatización Industrial*.

Aguilar, J., Valdiviezo, P., Cordero, J., & Sánchez, M. (2015). Conceptual Design of a Smart Classroom Based on Multiagent Systems. *Proceedings International Conference on Artificial Intelligence (ICAI)*, 471.

Augusto, J. C., Nakashima, H., & Aghajan, H. (2010). Ambient intelligence and smart environments: A state of the art. *Handbook of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 3–31.

Buitrago, S., & Sánchez, M. (2018). VMAS-Modeller: Una aplicación visual para el modelado de sistemas multi-agentes guiado por la metodología MASINA. *Revista Venezolana de Computación*, *4*(1), 47–58.

Ferber, J. (1999). *Multi-agent systems: An introduction to distributed artificial intelligence*. Addison-Wesley Professional.

Iglesias, C. A., & Garijo, M. (2005). The agent-oriented methodology MAS-CommonKADS. In *Agent-oriented methodologies* (pp. 46–78). IGI Global.

Mikulecký, P. (2012). Smart environments for smart learning. *DIVAI 2012*.

Rivero-Albarrán, D. M., Ulloa-Erazo, N. G., Guerra, L. R. T., Arellano, B., & Arciniegas, S. M. A. (2019). Agente adaptativo para la enseñanza en ambientes inteligentes. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (E19), 694–707.

Sánchez, M., Aguilar, J., Cordero, J., & Valdiviezo, P. (2015). A Smart Learning Environment based on Cloud Learning. *International Journal of Advanced Information Science and Technology*, *39*(39), 39–52.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 06/09/2019
Aceitação/Acceptance: 03/11/2019

Sistema de control y monitoreo bajo los protocolos Ethernet y Modbus RTU en el control de sistemas de cintas transportadoras para línea embotelladora de bebidas

Flavio Morales[1], Germán Haro[1], Millard Escalona[1], Renato M. Toasa[1]

fmorales@uisrael.edu.ec, germanharo29@gmail.com, mescalona@uisrael.edu.ec, rtoasa@uisrael.edu.ec

[1] Universidad Tecnológica Israel, Quito, Ecuador.

Pages: 636–649

Resumen: Las cintas transportadoras de la línea de llenado de bebidas para las diferentes presentaciones de 355, 500, 1500 mililitros, se encuentran operando en modo manual, es decir el operador imprescindiblemente debe abrir el tablero de control y potencia, para encender los motores uno a uno y variar su velocidad según la necesidad del trabajo, generando condiciones inseguras de trabajo violando la política de seguridad industrial y exponiendo su integridad física a una posible electrocución, también se tiene un elevado consumo de energía, debido a que los motores todo el tiempo se encuentran en funcionamiento, dando como resultado un desgaste mecánico anticipado de los componentes del sistema de cintas transportadoras. El objetivo que conlleva esta investigación, basa su desarrollo en la reingeniería de la estructura del tablero de control y potencia de los equipos existentes, y los proyectados para el crecimiento a futuro de la línea de producción, se efectuará una implementación de equipos con redes industriales, mejorando la eficacia en la comunicación entre equipos utilizando Ethernet para la interfaz HMI – PLC, y Modbus RS-485 para controlar los actuadores y variadores de frecuencia.

Palabras-clave: Protocolo Modbus; PLC; HMI; variador de frecuencia; automatización.

Control and monitoring system under Ethernet and Modbus RTU protocols in the control of conveyor systems for beverage bottling line

Abstract: The conveyor belts of the beverage filling line for the different presentations of 355, 500, 1500 milliliters, are operating in manual mode, ie the operator must necessarily open the control panel and power, to start the motors one by one and vary its speed according to the need of work, generating unsafe working conditions in violation of the industrial safety policy and exposing their physical integrity to possible electrocution, there is also a high energy consumption, due to the fact that the motors are running all the time, resulting in anticipated mechanical wear of the components of the conveyor belt system. The objective

of this research, based on the reengineering of the structure of the control panel and power of the existing equipment, and those projected for the future growth of the production line, an implementation of equipment with industrial networks will be made, improving the efficiency in communication between equipment using Ethernet for the interface HMI - PLC, and Modbus RS-485 to control the actuators and frequency variators.

***Keywords**:* Modbus Protocol, PLC, HMI, frequency inverter, automation.

1. Introducción

En los últimos años, la automatización industrial se ha convertido en un medio fundamental para mejorar el rendimiento y eficacia en todos los procesos industriales. Las ventajas son varias, como: aumentar la productividad de los recursos en las actividades manuales, obtener la información de un proceso de manera óptima, transmitir datos en tiempo real y reducir los costos de instalación y de equipos; esto se logra mediante el uso de buses de campo (Defas & Guzmán, 2017).

En la literatura se mencionan trabajos que automatizan y mejoran los procesos industriales mediante sistemas de control similares al que se propone en esta investigación, en primer lugar (Reyes, Morales, Aldas, Reyes, & Toasa, 2019) desarrollan un módulo de software industrial basado en el Andon System orientado a la industria del calzado, los resultados experimentales muestran que el módulo es adaptable en los procesos de producción. Por otro lado ..(Tamboli, Rawale, Thoraiet, & Agashe, 2015) utilizan Modbus TCP para la comunicación y control de proceso por lotes y su temperatura desde controladores remotos, Este circuito de temperatura se controla principalmente a través de un controlador PID, pero para un control preciso y la optimización de la planta del proceso por lotes se llevan a cabo mediante estrategias de control avanzadas como fuzzy, MPC (Model Predictive Control), neural, etc.

Los dispositivos inteligentes industriales necesitan confiar en protocolos ya implementados y mantener una compatibilidad hacia atrás. Las instalaciones industriales se amplían continuamente e incluyen cada vez más dispositivos de este tipo. Modbus es un protocolo conocido, sencillo, fácil de implementar y ampliamente utilizado en instalaciones industriales a través de una variedad de interfaces serie cableadas como RS485, RS422 o RS232 o incluso ethernet. Se presenta un innovador sistema de comunicación industrial basado en ZigBee que agrega los datos de múltiples esclavos Modbus, cada dispositivo final interroga a una línea esclava Modbus y el maestro agrega los datos de todos los dispositivos finales, acelerando así la tasa de interrogación y facilitando la instalación debido a la naturaleza inalámbrica de la comunicación ZigBee (Trancă, Pălăcean, Mihu, & Rosner, 2018).

Las cintas transportadoras de la línea de producción para el llenado y sellado de botellas de bebidas del caso de estudio, en el cual se basa la presente investigación; el proceso fundamental originalmente carece de automatización en el sistema, lo que dificulta su operación y mantenimiento, restringiendo su funcionalidad.

Ante estos antecedentes, nace el interés de ejecutar la investigación, pretendiendo así modernizar la línea de transportación por cintas, mediante la implementación de un PLC

S7-1200 con su respectivo HMI KTP700, con el cual se proyecta controlar los variadores de frecuencia utilizando una red de comunicación Modbus RTU(Automation, 2015), y la programación del HMI que facilitará al operador variar las frecuencias y lograr un sincronismo de velocidad de cada máquina con la línea y su respectivo transporte.

El resto del artículo se encuentra organizado de la siguiente manera, en la sección 2 se describe un breve estado del arte de las redes industriales, la sección 3 presenta el esquema general del sistema de control que se propone, la sección 4 detalla la implementación de la propuesta, las pruebas de funcionamiento y los resultados se mencionan en la sección 5 y finalmente en la sección 6 se describen las conclusiones obtenidas.

2. Redes Industriales

Aun estando al margen en el avance de las redes informáticas empresariales, las redes industriales a nivel de dispositivos de control también han progresado, lo que permite enlaces entre equipos de mayores prestaciones y eficiencia, incluso de equipos simples a través de una red de control lógico dentro de un mismo sistema. Estos avances se han desarrollado dentro del tablero de control como fuera de él, con sensores, medidores y actuadores instalados en la máquina. El desarrollo de pasar de cables, tarjetas con entradas y salidas digitales (I/O) a la creación de redes industriales que se aplica en los tableros de control. (Bustamante, 2016)

2.1. Redes industriales con tecnología Ethernet.

Las redes industriales con accesos remotos impulsan la tecnología HMI-PLC. Los campos tecnológicos de fabricación están para hacer significativas las ganancias productivas, como se ilustra en la figura 1, con la aplicación del Ethernet industrial, aplicados a las maquinas industriales. El crecimiento en las redes de Internet y dispositivos inteligentes que pueden interactuar sobre ella están impulsando la mejora de los diagnósticos de los sistemas, equipos, mejora en tiempo de respuesta, resolución de problemas y en general la fiabilidad de la máquina.

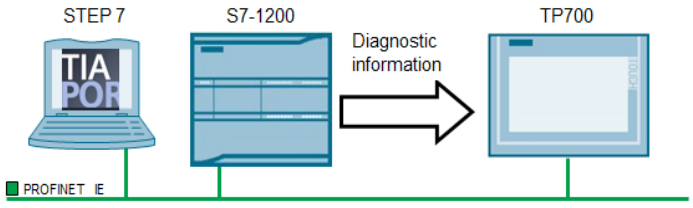


Figura 1 – Protocolo de Comunicación Ethernet

Con la información que las redes Ethernet están permitiendo, se incrementan las oportunidades para reducir el tiempo, costos que conllevan para diagnosticar, arreglar problemas antes de que causen tiempos de paro de producción o retrasar la puesta en marcha. (Bustamante, 2016)

Con Ethernet industrial, el advenimiento de acceso remoto en el campo de la automatización significa una mayor funcionalidad de la automatización, incluyendo el registro de datos históricos, el intercambio de datos, avisos de alarmas y la gestión de administración de seguridad. Estas características se han incluido tanto en el PLC como en la HMI y tienden a sobresalir hoy en día, vendedores de ambos equipos están en constante competencia para abordar los nuevos requerimientos de información histórica, alarmas y la seguridad. (Sarmiento, 2016).

2.2. Protocolo de comunicación Modbus.

Modbus es un protocolo de comunicación serial desarrollado y publicado en el mercado industrial por Modicon en 1979. En su origen el uso de comunicación Modbus estaba direccionado exclusivamente al mundo de los controladores lógicos programables de Modicon. No hace falta más que echar una mirada al mercado industrial actual para darse cuenta que, al día de hoy. El protocolo Modbus es el protocolo de comunicación más utilizado comúnmente en entornos industriales, sistemas de monitorización y telecontrol. Lo que involucra de manera implícita que: tanto a nivel local como a nivel de red, en su versión de comunicación TCP/IP, en la actualidad seguirá siendo uno de los protocolos de comunicación de referencia en las llamadas Redes Industriales Inteligentes. (Schneider Electric, 2014)

La trama del protocolo Modbus es muy sencillo siendo la trasmisión de información entre varios dispositivos electrónicos conectados a un mismo bus como se muestra en la figura 2. Existiendo en mismo bus de datos un solo dispositivo maestro (Master) y varios dispositivos esclavos (Slaves) conectados en red como se aprecia en el diagrama de la figura 1.5. (Danfoss, 2016)

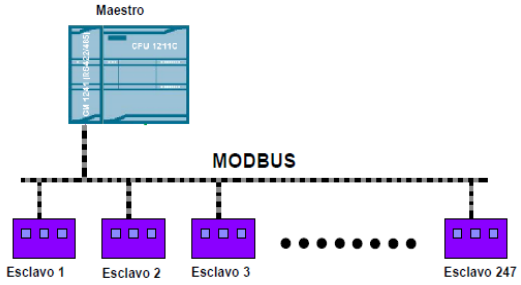


Figura 2 – Protocolo Modbus RTU basado en el estándar de interfaz RS485

En sus orígenes estaba direccionado a una conectividad a través de líneas serie como pueden ser RS-232 o Rs-485, pero con el pasar de tiempo han aparecido variaciones como la Modbus TCP, que permite el encapsulamiento del Modbus serial en tramas Ethernet TCP/IP de forma muy sencilla como indica la figura 3. (Siemens, 2009)

Esto ocurre porque desde un punto de vista del sistema OSI el protocolo Modbus está ubicado en la capa de aplicación.

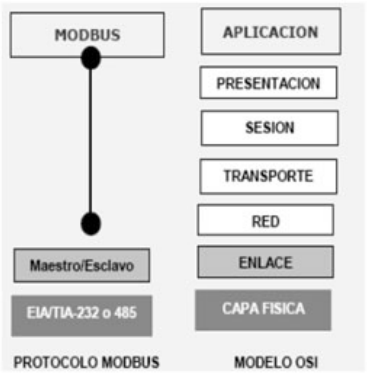


Figura 3 – Niveles del protocolo Modbus

3. Esquema general del sistema de control propuesto

El sistema de control estará formado por un nuevo Controlador Lógico Programable (PLC), el cual se encarga de gobernar el funcionamiento de los actuadores eléctricos y electrónicos existentes los transportes de cadenas (contactores y variadores de frecuencia, en el arranque y control de velocidad en motores), en base al programa almacenado en su memoria, al estado de las señales provenientes de la instrumentación de campo (sensores) y a las acciones de mando dadas por el operador.

Como se ilustra en la figura 4, mediante bloques se muestra el esquema general del sistema de control de los PLCs con sus respectivos actuadores e instrumentación y dispositivos de mando, como se indicó anteriormente, en el nuevo sistema de control se implementará un PLC para lograr el control automático y se incorpora una interfaz gráfica de operación (HMI); así mismo, para el sistema de potencia se cambian todos los elementos de protección y maniobra.

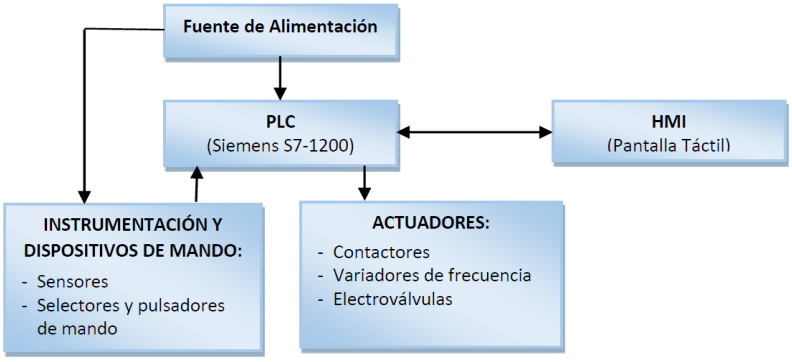


Figura 4 – Esquema general del sistema de control

3.1. Controlador Lógico Programable S7-1200

El controlador S/-1200, es el más actual dentro de la gama de los controladores SIMATIC de Siemens, es el reemplazo del S7-200 y se viene fabricando desde el 2009. Este controlador compacto y modular es perfecto para aplicaciones de automatización y control industrial que requieran funciones simples o avanzadas. Gracias a su costo accesible, diseño compacto y sus potentes funciones es idóneo para la aplicación en control industrial. La configuración del dispositivo se la ejecuta con el software TIA Portal V13, el mismo es intuitivo e incorpora la programación y simulación de la HMI.

3.2. Módulo de comunicación CM 1241 (RS422/485)

En el desarrollo de esta investigación se ha puesto énfasis en la aplicación de las redes industriales para el control del proceso, por tal motivo se ve la necesidad de controlar los variadores de velocidad vía red Modbus RS-485, adicionando al PLC el modulo CM 1241 (RS422/485) como se observa en la figura 5, como parte de la red de comunicación.

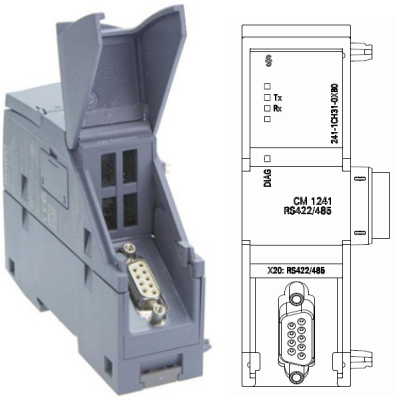


Figura 5 – Módulo de Comunicación CM 1241 (RS422/485).

3.3. HMI Panel Operador

Con la HMI KTP-700 Basic, se garantiza una visualización de alta calidad, con la finalidad de tener una excelente resolución en las gráficas diseñadas por el programador. También ofrece dos puertos de conectividad a elegir, una interfaz PROFIBUS o ETHERNET, más puertos de conexión USB, que puede ser utilizado para almacenamiento de información, conexión de teclado externo o conexión del mouse externo. Su programación es sencilla ya que está incorporado en el software de programación TIA Portal, de esta manera su manejo y configuración se la realiza con gran facilidad.

3.4. Variador de frecuencia Danfoss FC-51.

La figura 6, indica que, a pesar de su reducido tamaño, este variador puede funcionar a la perfección en el sistema de cintas transportadoras, a continuación, se detalla sus características:



Figura 6 – Variador Danfoss FC-51

- Tipo: Danfoss VLT Micro Drive FC 51
- Número de Catálogo: 132F0002
- Voltaje de entrada de red: 3 fases, 380 - 480 V CA, 50 / 60 [Hz]
- Intensidad nominal de entrada: 7.73 [A]
- Máxima Intensidad a la entrada: 14.5 [A] por 1 minuto
- Potencia de salida máxima a 400 V: 2,2 [kw] -3.25 [kva]
- Voltaje de salida: 0 – 100 % Voltaje de la red.
- Frecuencia de salida: 0 - 120 Hz
- Corriente de salida: 0 – 10 [A]
- Tiempo de aceleración / desaceleración: 0,02 a 3600 seg
- Máxima Intensidad a la salida: 12 [A] por 1 minuto
- Entradas de control: analógicas 0-10VCC / 4-20mA /
- Comunicación: comunicación serie RS 485.

4. Implementación

Uno de los motivos para ejecutar la investigación fue la implementación de los protocolos de comunicación Modbus, en planta para el control de variadores de frecuencia los cuales se ha venido utilizando control análogo de (4- 20) mA, es un control muy efectivo, pero a la vez muy costoso, ya que se debe adicionar al PLC módulos de control análogo, y con cada módulo se puede controlar hasta dos variadores de frecuencia.

Para lograr el control automático del proceso se diseñó y construyó un tablero eléctrico de control, con elementos eléctricos que complementan a los ya mencionados anteriormente y sistemas de sensores a lo largo de la línea de producción.

4.1. Sistema eléctrico de control.

Es un grupo de elementos eléctricos que sirve para controlar, de alguna manera establecida, la energía eléctrica suministrada al tablero de control y a los equipos a los

cuales está conectado. En la figura 7 se describen en el circuito de control completo, desde la acometida principal del tablero de 440 Vac, hasta los bloques de borneras de DC y AC.

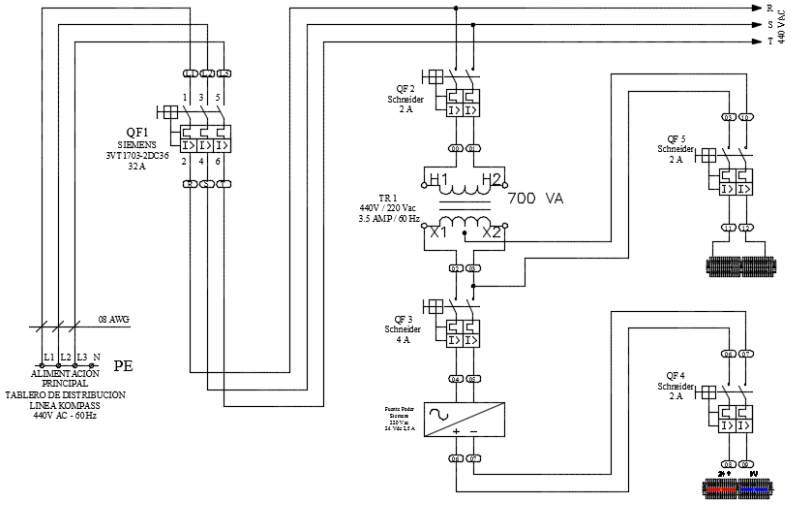


Figura 7 – Esquema de Control

4.2. Sistema eléctrico de Potencia.

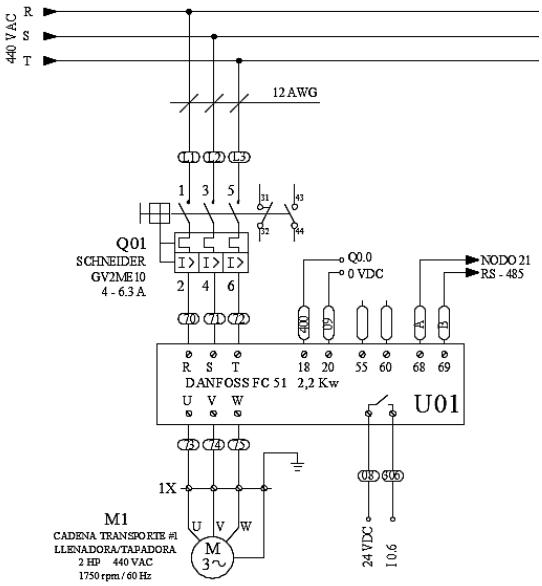


Figura 8 – Circuito de potencia VDF-U01

Desde este repartidor de carga se distribuye con cale flexible AWG # 12, marcados cada línea con la nomenclatura L1, L2, L3 como se detalla en el esquema de la figura 8 respectivamente hasta los guardas motores de control y protección de los variadores de frecuencia y de los motores.

4.3. Configuración del PLC.

Se adiciona los módulos que intervienen en el hardware del proyecto, para la comunicación Modbus con los variadores de velocidad utiliza un módulo (CM 1241 (RS422/485)) y en vista de la cantidad de señales digitales de entrada al PLC se emplea un módulo de entradas y salidas digitales (DI 16x24VDC/DQ 16xRelay_1) como se muestra en la figura 4.50.

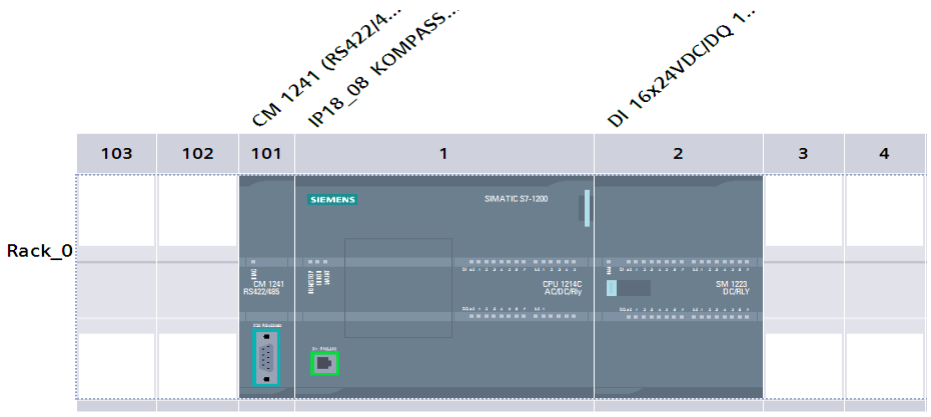


Figura 9 – Configuración del Hardware

Computador	Controlador
• Dirección IPv4: 10.10.40.7 • Máscara de Subred: 255.255.255.0	• Dirección IPv4: 10.10.40.8 • Máscara de Subred: 255.255.255.0

Se configura la dirección IP del dispositivo de acuerdo en la tabla 1 en la misma red LAN o tomando en cuenta los tres primeros octetos del computador como se muestra en la figura 10.

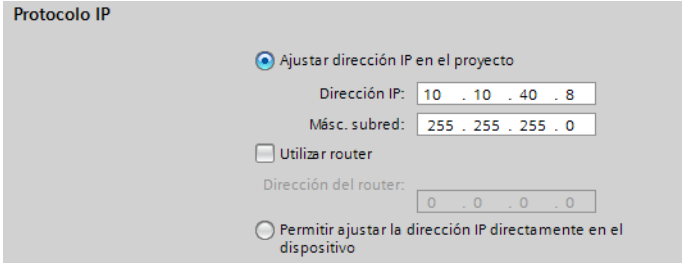


Figura 10 – Ajuste Dirección IP del Proyecto

La lógica de control desarrollada en el PLC debe garantizar la seguridad y confiabilidad mediante condiciones que permitan incluir todas las posibilidades de riesgo, tanto para los operadores como para las maquinas. El lenguaje de programación que se utilizó en la investigación se desarrollarlo con la lógica de control en escalera o ladder (LD) ya que este lenguaje es uno de los más conocidos y utilizados en la programación de PLCs y aplicado al control de procesos. En la figura 11 se tiene la línea de programación correspondiente al arranque del variador N°1.

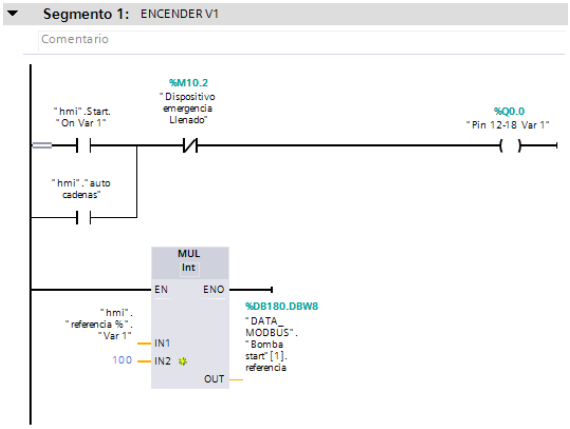


Figura 11 – Configuración para el Arranque Variador N°1

4.4.Configuración de la HMI.

En el desarrollo de la configuración de la interfaz gráfica HMI, se utiliza el mismo software de programación TIA Portal, es una de las ventajas que tiene siemens ante sus competidores, ya que incluye en el mismo software la programación y simulación de todos sus equipos. Para configurar la HMI, igualmente se debe asignar una dirección IP al dispositivo como se muestra en la tabla 2 para que este pueda comunicarse con el PLC y la PC de programación.

Computador	Controlador	HMI
• Dirección IPv4: 10.10.40.7 • Máscara de Subred: 255.255.255.0	• Dirección IPv4: 10.10.40.8 • Máscara de Subred: 255.255.255.0	• Dirección IPv4: 10.10.40.11 • Máscara de Subred: 255.255.255.0

Tabla 2 – Configuración de Red en el Controlador

La configuración gráfica del HMI, tiene que ser funcional e intuitiva para el operador. Se diseñó varias imágenes o pantallas donde se configuro diferentes opciones de operación. En la figura 11, se muestra la primera parte del sistema de cintas transportadoras con el estado grafica de cada motor y su respectivo porcentaje de velocidad.

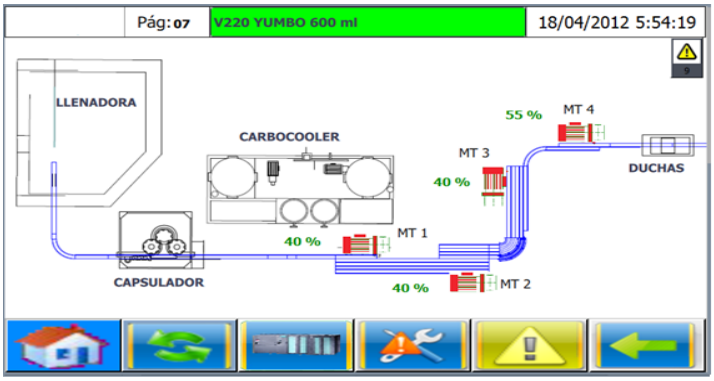


Figura 12 – Layout del sistema de cintas transportadoras

4.5. Desarrollo de la red de comunicación Modbus RTU para el control de los variadores de frecuencia.

Modbus es un protocolo de comunicación de envió y respuesta que se ha implementado utilizando la relación Maestro-Esclavo. El Maestro es el responsable de iniciar cada interacción con los Esclavos. En nuestro caso el PLC es el Maestro, quien lleva la trama lógica de comunicación Modbus, mientras los esclavos son los variadores de frecuencia que obedecen las instrucciones del PLC.

En la figura 12 se puede apreciar los variadores de frecuencia enlazados con el cable de color gris, el mismo que en su interior lleva dos hilos de cobre para establecer la comunicación con los terminales (68 – 69) de cada variador.



Figura 13 – Conexión Red Modbus

En la figura 12 se observa que los conductores deben ser blindados o apantallados para aterrizar a tierra las interferencias electromagnéticas causadas por los conductores eléctricos de potencia en el tablero o más conocido como ruido en las comunicaciones.

4.6. Parámetros de configuración variadores de frecuencia.

Para configurar los variadores de frecuencia se utiliza el software de programación MCT10 propio de los equipos Danfoss. Para establecer la comunicación Modbus, a más de configurar el PLC también se debe configurar el variador de velocidad. Los parámetros principales para la trama del Modbus en los variadores son: la dirección del esclavo, en nuestro caso se direcciono en el mismo orden de los variadores de frecuencia, es decir el variador N°1 tiene la dirección de esclavo 1, así hasta llegar al variador N°6 con la dirección de esclavo 6.

La velocidad de trasmisión entre el PLC y los variadores de frecuencia se estableció en 9600 Baudios, la paridad de la trama se la puede escoger entre Par o Impar, para esta aplicación se trabaja con paridad Par como se muestra en la figura 4.75.

ID	Name	Setup 1	Setup 2	Unit
831	Address	1	1	
832	FC Port Baud Rate	9600 Baud	9600 Baud	
833	FC Port Parity	Even Parity, 1 Stop ...	Even Parity, 1 Stop ...	
835	Minimum Response ...	0.010	0.010	s
836	Max Response Delay	5.000	5.000	s

Figura 14 – Configuración Parámetros Modbus

5. Pruebas de funcionamiento y Resultados.

Estas pruebas se ejecutaron durante el montaje del tablero de control, a medida que avanzaba la instalación del tablero también se conectaban los sensores y actuadores del proceso, se valida su funcionamiento individual. En el caso de los sensores se valida que retorne la señal hacia el PLC, verificando la señal en el software. Para validar el funcionamiento de los actuadores, se procede a forzar las variables de salida del PLC.

5.1. Pruebas de programación del PLC y HMI.

Se valida en la línea de producción el funcionamiento de los equipos de acuerdo a la lógica de funcionamiento en el proceso, se ajusta tiempos de retardo, condiciones de funcionamiento, arranques y paradas automáticas de los motores, hasta satisfacer los requerimientos del proceso y del operador.

5.2. Pruebas de la red Modbus.

Se realizó las pruebas de funcionamiento de los variadores de frecuencia comandados desde el PLC por medio de la red Modbus, se comprueba el arranque y paro de cada variador, la referencia de velocidad escrita en el variador en un rango del 0 – 100 %, editada desde el HMI, el estado operativo del variador, para visualizar en el HMI.

5.3. Pruebas de la red Modbus.

En estas pruebas se pudo evidenciar una exactitud en el control del proceso, tanto en el sistema de sensores como en el sistema de actuadores, la implementación del HMI

es una herramienta tecnológica que facilita el trabajo del operador, minimizando los tiempos de operación y el riesgo al manipular los equipos eléctricos dentro del tablero.

6. Conclusiones

Con el fin de automatizar el sistema de control eléctrico se implementa el nuevo tablero de control junto con el PLC y la HMI, que son los equipos fundamentales para establecer un control automático en el proceso, la implementación de estos equipos logra repotenciar el sistema de cintas transportadoras, ofreciendo mayor facilidad para el personal operativo, el cual puede controlar y monitorear el proceso desde la pantalla táctil.

La implementación de controladores y variadores de velocidad con el PLC, se implementa el primer sistema de comunicación Modbus en planta, este sistema era desconocido para el personal técnico de ingeniería, quienes optaban por otros sistemas de control y programación de software más amigable, pero que superan en costos al sistema Modbus, con el conocimiento adquirido en el desarrollo de este proyecto, se pretende aplicar la tecnología Modbus a los proyectos venideros en planta.

Referencias

Automation, R. (2015). MODBUS RTU An Introduction to Modbus RTU Addressing, Function Codes, and Modbus RTU Networking Overview. Retrieved from https://www.rtautomation.com/technologies/modbus-rtu/

Defas, R., & Guzmán, A. (2017). Implementación de un sistema de monitoreo y control de actuadores eléctricos AUMA utilizando protocolos de comunicación industrial Modbus RTU y Modbus TCP/IP. *Anales de La Universidad Central Del Ecuador*, *1*(375). Retrieved from http://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/anales/article/view/1592/1527

Reyes, J., Morales, L., Aldas, D., Reyes, R., & Toasa, R. (2019). Real time automatic andon alerts for android platforms applied in footwear manufacturing. *Communications in Computer and Information Science*, *959*, 43–56. https://doi.org/10.1007/978-3-030-12018-4_4

Tamboli, S., Rawale, M., Thoraiet, R., & Agashe, S. (2015). Implementation of Modbus RTU and Modbus TCP communication using Siemens S7-1200 PLC for batch process. *2015 International Conference on Smart Technologies and Management for Computing, Communication, Controls, Energy and Materials, ICSTM 2015 - Proceedings*, 258–263. https://doi.org/10.1109/ICSTM.2015.7225424

Trancă, D. C., Pălăcean, A. V., Mihu, A. C., & Rosner, D. (2018). ZigBee based wireless modbus aggregator for intelligent industrial facilities. *201725th Telecommunications Forum, TELFOR 2017 - Proceedings*, *2017-January*, 1–4. https://doi.org/10.1109/TELFOR.2017.8249409

Bustamante, J. (2016). *Curso Plc y Programacion: Todo Sobre Plc*. California: CreateSpace Independent Publishing Platform.

Danfoss. (2016). *Guia Rapida VLT Micro Drive FC51*. Recuperado el 20 de Mayo de 2018, de http://www.ramonrusso.com.ar/documentos/Guia_Rapida_VLT_Micro_Drive_FC51.pdf

Sarmiento, G. (2016). *Plc Programacion: Aprende Todo Sobreplc y Su Programacion*. California: CreateSpace Independent Publishing Platform.

Schneider Electric. (2014). *Interruptores automáticos iC60N*. Recuperado el 2 de Mayo de 2018, de https://www.schneider-electric.com/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/290000/FA290189/es_ES/Poder%20de%20corte%20de%20los%20iC60%20para%20CC.pdf

Siemens. (Noviembre de 2009). *Controlador programable S7-1200, Manual de sistema*. Recuperado el 10 de Mayo de 2018, de https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF

Siemens. (28 de Enero de 2016). *Industry Online Support*. Recuperado el 29 de Mayo de 2018, de https://support.industry.siemens.com/cs/document/109480267/sinamics-v%3A-positioning-(ipos)-and-speed-control-(s)-with-a-v90-via-modbus?dti=0&lc=en-WW

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 31/10/2019
Aceitação/Acceptance: 26/12/2019

Lenguaje e ideología y valores, un reto de estudiantes y profesores en Ecuador

Isidro Marín-Gutiérrez, Diana Rivera-Rogel, Margoth Iriarte Solano[1]

Gianella Carrión-Salinas, Stephany-Alejandra Celly-Alvarado[2]

imarin1@utpl.edu.ec, derivera@utpl.edu.ec, miriarte@utpl.edu.ec, gacarrion1@utpl.edu.ec, sacelly@utpl.edu.ec

[1] Docentes-investigadores, Universidad Técnica Particular de Loja, San Cayetano Alto s/n, 11-01-608, Loja, Ecuador.

[2] Investigadoras, Universidad Técnica Particular de Loja, San Cayetano Alto s/n, 11-01-608, Loja, Ecuador.

Pages: 650–662

Resumen: Nuestro objetivo es conocer si existen diferencias en las distintas dimensiones que conforman las competencias mediáticas en estudiantes universitarios y profesores no universitarios de Ecuador. Se encuestaron a 1.616 estudiantes y a 642 profesores y se analizaron sus respuestas. Existen diferencias de resultados en cuanto a las dimensiones. El nivel de Ideología está el de alumnado por debajo del profesorado. Indicando así que debemos formar de forma diferente tanto a estudiantes universitarios como a profesores no universitarios en competencias mediáticas.

Palabras-clave: Ecuador; competencias mediáticas; profesorado; alumnado

Language and ideology and values, a challenge for students and teachers in Ecuador

Abstract: Our objective is to know if there are differences in the different dimensions that make up media competences in university students and non-university professors in Ecuador. A total of 1,616 students and 642 teachers were surveyed and their answers analyzed. There are differences in results in terms of dimensions. The level of Ideology is that of students below the teaching staff. Indicating that we must train differently both university students and non-university professors in media competitions.

Keywords*:* Ecuador; media competitions; teachers; students

1. Introducción

En sus inicios el concepto de competencia estuvo ligado a la empresa, más tarde pasó a formar parte del ámbito educativo, incluso hasta convertirse en necesario para mejorar

el proceso de enseñanza-aprendizaje, gracias a la inserción de dispositivos electrónicos y con ello la tecnología, en la educación (Ferrés & Piscitelli, 2012).

Hablar de competencia mediática es referirse a la forma de educar a través o con la ayuda de las tecnologías incluidas los medios de comunicación. Su importancia considera el hecho de fomentar la crítica en el individuo, el buen uso y manejo de los medios de comunicación e incentivar a la producción de contenidos propios, que sean compartidos con otros usuarios. Razón eficiente para fomentar en la persona un uso responsable, eficiente y democrático de los recursos mediáticos (García-Ruíz, Gozálvez y Aguaded, 2014).

Sobre este contexto de criticidad, García y Renés (2013) vuelven a ratificar la necesidad determinante de incentivar a los individuos a adoptar competencias, que fortalezcan su capacidad de gestionar, usar y aprender de los medios de comunicación, desde una mirada crítica y objetiva.

En el contexto actual es indispensable desarrollar esta competencia, entendida como las habilidades, conocimientos, capacidades y actitudes que adquiere el individuo. También Buckingham (2005), reconoce a la competencia mediática como "...el proceso de enseñar y aprender acerca de los medios de comunicación; la alfabetización mediática es el resultado: el conocimiento y las destrezas que las personas adquieren" y también sustenta que "la alfabetización mediática se propone desarrollar tanto la comprensión crítica como la participación activa" (p.21).

Considerando que los individuos de la sociedad actual están en constante búsqueda de información, que permita la actualización de sus conocimientos y una experiencia gratificante en Internet, éste se desarrolla hoy en día, según Lara (2009), en una nueva sociedad de la información hiperconectada. Esta sociedad es capaz de utilizar distintos medios, soportes, contextos y lenguajes para su búsqueda, desarrollando cada vez mejor las competencias comunicativas.

Para Aguaded *et al.* (2011) la persona que desarrolle estas competencias se desenvolverá en los ámbitos comunicativo y tecnológico. Entonces obliga a plantearse la interrogante ¿Hasta qué grado conocemos y comprendemos los elementos de un medio audiovisual?

Se dirige el horizonte a la inserción de una alfabetización mediática en el ámbito educativo y social, considerada por Gutiérrez y Tyner (2012) como necesaria en el siglo XXI, tanto digital como multimodal. Nos interrelacionamos en un mundo digital, capaz de reunir y difundir información en diferentes formatos (visual, auditivo o audiovisual); mediante audios, imágenes, textos y videos.

La llegada de Internet revolucionó la comunicación y la educación, la Red permite compartir información o datos con otros usuarios de manera fácil e instantánea. Este fenómeno rompe barreras de tiempo y espacio y aporta al ser humano habilidades como la autoeducación. Kaplún (1998) también lo confirma "Las nuevas tecnologías son válidas siempre y cuando permitan una construcción común del conocimiento" (p.4).

Ante esta mirada de revolución comunicativa y educativa, emergen en la educación el uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), que además de ser instrumentos para generar contenido y compartirlo, permite la interacción con los demás. Area y Guarro (2012) las considera como "...un espacio para la comunicación e

interacción con otros individuos y grupos sociales" (p.48). Las TIC ocupan uno de los principales escenarios para la socialización entre usuarios, que exige al individuo una formación permanente; ya que, al estar sumergido en la cultura digital, se ve expuesto a una constante transformación de fondo y forma.

Para garantizar un aprendizaje eficaz de los medios, se requiere de enseñanza no jerarquizada. Más bien compartido, en la que el alumno sea capaz de aprender y al mismo tiempo compartir contenidos y conocimientos, adquiridos de manera autodidacta o mediante experiencias personales y sociales. Se necesita también que quien hace de guía en el proceso, inserte "... una metodología que fomente la reflexión y el pensamiento crítico y que, al mismo tiempo, sea lo más viva, democrática, centrada en el grupo y orientada a la acción que el profesor pueda conseguir" (Masterman, 1993, p. 43).

Pérez y Delgado (2012) afirman: "Es necesaria una acción educativa para conseguir ciudadanos competentes mediáticamente, que sepan buscar y discriminar la información, comprenderla, expresarse con y a través de los medios, participar activamente, comunicarse" (p. 32). Para el desarrollo de estas competencias ciudadanas, Gros y Contreras (2006) señalan algunos elementos claves: "El acceso a la información globalizada, los sistemas de participación en la red, la comunicación a través de los medios electrónicos" (p. 107), a ellos se complementan: comprensión crítica del contenido de los medios de comunicación, competencia digital, interacción y difusión.

Para comprender la competencia mediática, desde una mirada de la educación mediática y el grado de relación con los medios de comunicación, Ferrés y Piscitelli (2012) proponen seis dimensiones fundamentales, entre ellas: lenguaje, tecnología, procesos de producción y programación, ideología y valores y recepción y audiencia. Cada una encaminada a cumplir una función y determinar aspectos necesarios a la hora de impartir dicha educación mediática.

Para esta oportunidad se estudia las dimensiones: lenguaje y la ideología y valores. Entendiendo el lenguaje, según Ferrés y Piscitelli (2012), como el "Conocimiento de los códigos que hacen posible el lenguaje audiovisual y capacidad de utilizarlos para comunicarse de manera sencilla, pero efectiva" y como la "Capacidad de análisis de los mensajes audiovisuales desde la perspectiva del sentido y significación, de las estructuras narrativas y de las categorías y géneros" (p. 77).

Ante el grado de competencia en la dimensión lenguaje, se recuerda un fragmento citado por Umberto Eco (1987): "la civilización democrática se salvará únicamente si hace del lenguaje de la imagen una provocación a la reflexión crítica, no una invitación a la hipnosis" (p. 367). En la actualidad se requiere dominar estas capacidades, que permitan al individuo codificar y decodificar mensajes, hasta el punto de formar una opinión propia y fundamentada de un suceso.

Y la ideología y valores como la "Capacidad de lectura comprensiva y crítica de los mensajes audiovisuales, en cuanto representaciones de la realidad y, en consecuencia, como portadores de ideología y de valores" y la "Capacidad de análisis crítico de los mensajes audiovisuales, entendidos a un tiempo como expresión y soporte de los intereses, de las contradicciones y de los valores de la sociedad" (Ferrés Prats, 2007: 103).

Todo ello converge según Garrido (2013) en la innegable presencia de los medios de comunicación y TIC en la sociedad y más aún en la academia, ante la presencia de estos medios: tablets, redes sociales o videojuegos.

2. Marco Teórico

Frente a esta realidad los docentes tienen el gran reto de mediar con sus estudiantes el desarrollo de las competencias mediáticas, se requiere entonces de una formación cualificada a nivel de grado y una constante actualización de contenido y metodología, con la finalidad de garantizar una educación centrada en la persona y no limitarse a transmitir conceptos (Cortés Montalvo, Marín Uribe & Guzmán Ibarra, 2014).

En la Ley Orgánica de Educación Intercultural del Ecuador, Capítulo 4º de los derechos y obligaciones de las y los docentes, Art. 10, literal a) se plantea que los y las docentes tienen derecho a acceder gratuitamente a procesos de desarrollo profesional, capacitación, actualización, formación continua, mejoramiento pedagógico y académico según sus necesidades. Sin embargo, en estos últimos tiempos han sido nulas las ofertas de formación en competencias mediáticas, la escuela no es considerada en su integralidad, se dota de equipos computacionales, pero no se forma a los docentes para emplear códigos mediante el lenguaje audiovisual y facilitar con ello la comunicación sencilla pero significativa en los procesos de enseñanza-aprendizaje, ni tampoco en la capacidad de lectura comprensiva y crítica de los mensajes audiovisuales, especialmente en lo que se refiere a las representaciones de la realidad y, como portadores de ideología y de valores (Autor, 2014).

En este mismo contexto, la UNESCO toma como misión la generación de sociedades alfabetizadas en el ámbito de la comunicación y la información, a través de la formación mediática para los docentes. Gálvez y Bellott (2008) plantean que la mayor parte de docentes no han recibido formación inicial en educación en medios y no han sido preparados para ello, de ahí que resulta complicado integrar en los currículos la formación mediática. Ecuador por su parte ha dado pasos en este campo a través de la implementación de los estándares de calidad educativa, en donde se plantean algunos parámetros que espera de las instituciones educativas, directivos y docentes. En este último grupo se especifica aspectos como la mejora de competencias profesionales a la par de los cambios curriculares, científicos y tecnológicos, y que, además "los recursos, los medios y las tecnologías de la información y comunicación sirvan para optimizar el proceso educativo (informar oportunamente desempeños, metas y resultados, lineamientos, estrategias, plazos, decisiones, novedades, entre otros) propiciando un clima escolar armónico" (Ministerio de Educación del Ecuador, 2017, p.32). Sin embargo, no se propicia la formación en el campo de las competencias mediáticas, y se descuida la dimensión de lenguaje e ideología y valores en los procesos comunicativos.

Por ende, el proceso de enseñanza-aprendizaje del estudiante se ve limitado en la capacidad de interpretar y de valorar los diversos códigos de representación y determinar la función que cumplen en un mensaje, analizarlos y valorarlos desde el significado y el sentido, como también comprender el flujo de historias y de informaciones procedentes de múltiples medios, de establecer relaciones entre textos –intertextualidad–, códigos y

medios, de expresarse mediante sistemas de representación y de significación, modificar productos existentes al otorgarles un nuevo sentido y valor (Ferrés y Piscitelli, 2012).

Corresponde entonces repensar y fundamentar a la educación como un fenómeno social y específicamente humano desde una "visión global del por qué, para qué, qué y como del accionar educativo" (Murillo y Román, 2010, p. 113), para que desde la formación del profesorado se profundice el estudio y la transferencia de las competencias mediáticas; para que desde la dimensión de ideología y valores los estudiantes puedan descubrir la manera de cómo las representaciones mediáticas estructuran la percepción de la realidad; tenga la posibilidad de evaluar la fiabilidad de las fuentes de información, de sistematizarlas, de determinar las intenciones o intereses que subyacen tanto en las producciones corporativas como en las populares, de analizar las identidades virtuales individuales y colectivas, identificando los estereotipos, sobre todo en cuanto a género, raza, etnia, clase social, religión, cultura o discapacidades. Analizando sus causas y consecuencias, como también, analizar los efectos de creación de opinión y de homogeneización cultural que ejercen los medios; reconocer los procesos de identificación emocional como potencial mecanismo de manipulación o como oportunidad para conocernos mejor y a otras experiencias y la capacidad de gestionar las propias emociones en la interacción con las pantallas, en función de la ideología y de los valores que se transmiten en ellas a través de la construcción de conclusiones críticas y apegadas al contexto social (Ferrés y Piscitelli, 2012).

3. Metodología

Según los datos de este estudio, existen experiencias previas de evaluación sobre el nivel de adquisición en competencia audiovisual en alumnado de primaria, de secundaria, universitarios y profesorado en Ecuador, pero no a nivel comparativo entre grupos. Nuestra investigación es precursora de la exploración de las competencias mediáticas en el ámbito educativo.

Los hechos educativos son fenómenos sociales que pueden ser investigados en profundidad con distintos métodos (Corbetta, 2003). La metodología que se utilizó en esta investigación fue cuantitativa con el uso del cuestionario digital. El instrumento básico fue la encuesta *online* ya que el objetivo principal es detallar cómo están los niveles de competencia audiovisual en los distintos grupos sociales. La encuesta, como un método válido de investigación, es ventajosa en grupos que se encuentren ya conformados, como son las universidades y también para describir relaciones entre variables. El objetivo de una encuesta es describir las condiciones de la realidad, identificar sus normas y establecer si existen relaciones (Buendía, 1997). Hemos utilizado la encuestación como metodología justificada por la necesidad de generalizar los resultados y por su valor como herramienta de investigación para recoger ideas, actitudes y opiniones de las muestras analizadas.

Para diseñar el cuestionario hemos seguido el formato para medir las competencias mediáticas de Joan Ferrés (2007: 100). Una vez terminado en cuestionario por un equipo multidisciplinar de profesores se realizó una prueba piloto sobre una muestra de 80 individuos de varias instituciones que conforman el estudio, tanto de universitarios y profesorado. No hubo ningún tipo de dificultad a la hora de responder al cuestionario.

Estas muestras de los pretest fueron sometidos a análisis de fiabilidad y de consistencia interna con el índice Alfa de Crombach, alcanzando los valores de 0,83 para universitarios y 0,84 para profesorado. Consideramos que todos los resultados son suficientemente fiables. No se realizaron cambios a las versiones postest de los dos cuestionarios. Los análisis de fiabilidad y los juicios de los expertos fueron el proceso de validación del cuestionario. El cuestionario de universitarios tiene 23 preguntas. Y el cuestionario de profesores tiene 31 preguntas. Todas las preguntas de todos los cuestionarios son cerradas.

Luego se alojó en la Red el cuestionario con un software propio. Se creó cada cuestionario para cada uno de los grupos. El seguimiento fue en tiempo real y controlado por los investigadores.

Los dos cuestionarios se pasaron durante el año 2017 (concretamente desde el 8/01/2017 hasta el 1/07/2017) en Ecuador según la distribución de la Tabla 1.

	Universitarios	**%**	**Profesorado**	**%**
Ecuador	1.616	100%	642	100%

Tabla 1 – Distribución de los cuestionarios

Las encuestas a universitarios se pueden consultar en http://uhu.es/alfamed/internacional/site/?q=universitarios y la encuesta a profesorado no universitario en http://uhu.es/alfamed/internacional/site/?q=profesorado. Se recogieron un total de 2.258 cuestionarios. Cada uno de los dos cuestionarios contenía preguntas que atendía a las seis dimensiones propuestas por Ferrés (2007).

	Cuestionarios a universitarios	**Cuestionarios a profesores**
Lenguaje	Preguntas 13 y 14	Preguntas 14, 15 y 24.5
Ideología y valores	Preguntas 12, 19 y 21	Preguntas 19,20,18.7 y 24.4

Tabla 2 – Preguntas por dimensiones

Dependiendo de las dimensiones y del cuestionario podían ser diferentes preguntas adaptadas al perfil. Fue importante conocer aquellos cuestionarios que no habían sido completados satisfactoriamente y controlar que el resto se había guardado correctamente en nuestras bases de datos. La aplicación controlaba el estado de las encuestas y así informaba a los investigadores que eran miembros de esta investigación. Esta aplicación ofrecía datos indicando cuáles eran los cuestionarios guardados correctamente con la fecha del último cuestionario relleno.

Es importante indicar que el diseño de esta investigación utilizado es no experimental, no hemos manipulado estos fenómenos sociales objeto de estudio. Los datos fueron recogidos en su ambiente natural, es decir, las instituciones donde trabajan los profesores y las universidades. El diseño fue transaccional descriptivo, ya que nuestra investigación se centró en analizar cuál era el nivel de las variables en un determinado

momento para describir los fenómenos y estudiar su incidencia (Hernández Sampieri, Fernández Collado & Baptista Lucio, 2003).

El cuestionario se aplicó *online* de manera simultánea en las instituciones. Los enlaces web de los cuestionarios se enviaron a las distintas escuelas, colegios, institutos y universidades que determinaron los investigadores. Otro paso fue descargar las bases de datos creada por el sistema y limpiarlo de posibles errores. Más tarde se recategorización todas las respuestas con el programa estadístico SPSS (versión 23) con la rúbrica de evaluación creada durante el diseño de las encuestas para medir las diferentes dimensiones sobre competencias mediáticas. La rúbrica de evaluación está definida en la parte de análisis y resultados con sus puntuaciones para futuras réplicas de esta investigación. Los indicadores presentados son genéricos y flexibles, adaptados a la situación educativa. Se realizó un análisis de fiabilidad mediante el alfa de Cronbach de cada una de las muestras siendo superiores a 0,7.

Tras tener los datos básicos, se realizaron análisis estadísticos empleando el nivel de significancia del 95% empleando las pruebas de Chi-cuadrado (χ^2) para diferenciar si las frecuencias observadas en cada una de las variables categóricas existen frecuencias que se pueden encontrar si las muestras fueron extraídas de una población con una específica distribución. En este artículo haremos las pruebas de Chi-cuadrado (χ^2) entre niveles de competencia mediática con la edad y sexo.

3.1. Población y muestra

Nuestra investigación tiene una población estudiantil y de profesorado ecuatoriano. La muestra incluye dos grupos de distintas variables por edad: estudiantes universitarios (17-22 años) y profesores universitarios (21-75 años). El universo de estudio fueron alumnos universitarios y profesorado no universitario, tanto de centros públicos como privados. Se aplicaron un total de 1.616 cuestionarios en estudiantes universitarios y en profesorado 642 según las variables recogidas de la figura 1 y la figura 2. La muestra ha sido seleccionada aleatoriamente por instituciones docentes donde trabajan los profesores y estudiantes de universidades. Las variables son la edad, el sexo y la institución a la que pertenecen. Descubrimos que las mujeres estudian más que los hombres, son mayoritarias en todas las edades excepto en los 22 años. En cuanto al profesorado ecuatoriano la media de edad son 42,72 años con una desviación estándar de 10,317 años.

Queda por adelantado que con estas dos muestras no pretendemos una significancia poblacional. Lo que queremos presentar es la compleja realidad a la que nos enfrentamos, señalar la urgencia de desarrollar nuevas estrategias formativas adaptadas a las carencias localizadas.

4. Resultados

Analizaremos solo dos de las dimensiones de las competencias mediáticas según Ferrés (2007). La dimensión de Lenguaje que es la capacidad de interpretar y de valorar los diversos códigos de representación y la función que cumplen en un mensaje (Ferrés & Piscitelli, 2012); y la dimensión de ideología y valores que es la capacidad de detectar las

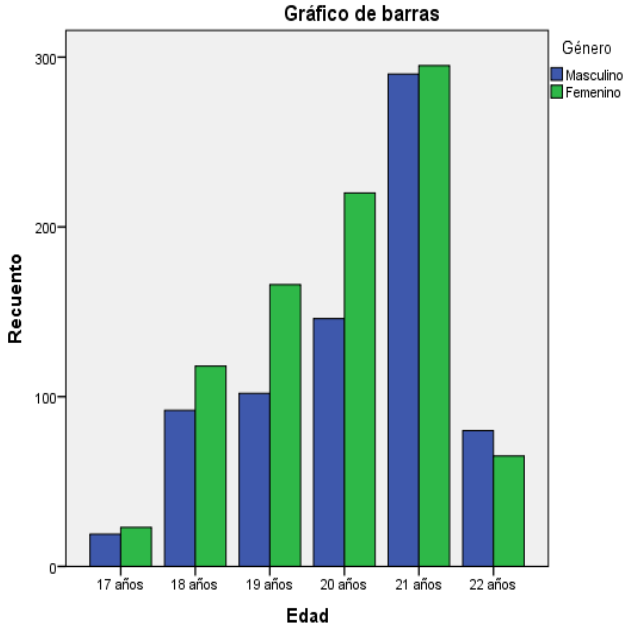


Figura 1 – Distribución de la población según edad y sexo en universitarios

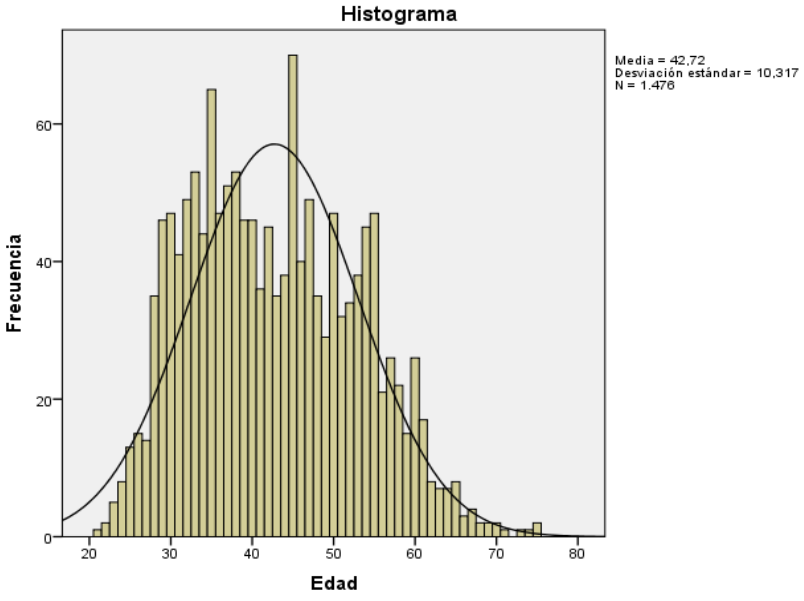


Figura 2 – Distribución de la población según edad del profesorado

intenciones o intereses que subyacen tanto en las producciones corporativas como en las populares, así como su ideología y valores, explícitos o latentes, adoptando una actitud crítica ante ellos (Ferrés & Piscitelli, 2012). Estas dimensiones han sido analizadas en diferentes preguntas en los dos cuestionarios realizados.

En los distintos cuestionarios se pedía información sobre los resultados de acierto y errores de cada una de las dimensiones que están registrados en la tabla 2. Posteriormente realizamos indicadores de los aciertos y los errores de las distintas preguntas de los distintos cuestionarios. Luego, se llegaron a una serie de indicadores numéricos por cada una de las dimensiones que para trabajar con los resultados y para poder operativilizarlos se recodificaron marcándolos como «bajo»; «medio» y «alto». No podemos comparar las diferentes dimensiones de cada uno de los cuestionarios ya que son preguntas diferentes pero podemos analizar de manera separada cada una de las bases de datos.

Edad de 17 a 22 años	**Baja**	**Media**	**Alta**
Lenguaje	2,7	57,8	39,5
Ideología y Valores	2,5	88,6	8,6

Tabla 3 – Resultado de las dimensiones en el cuestionario de estudiantes universitarios

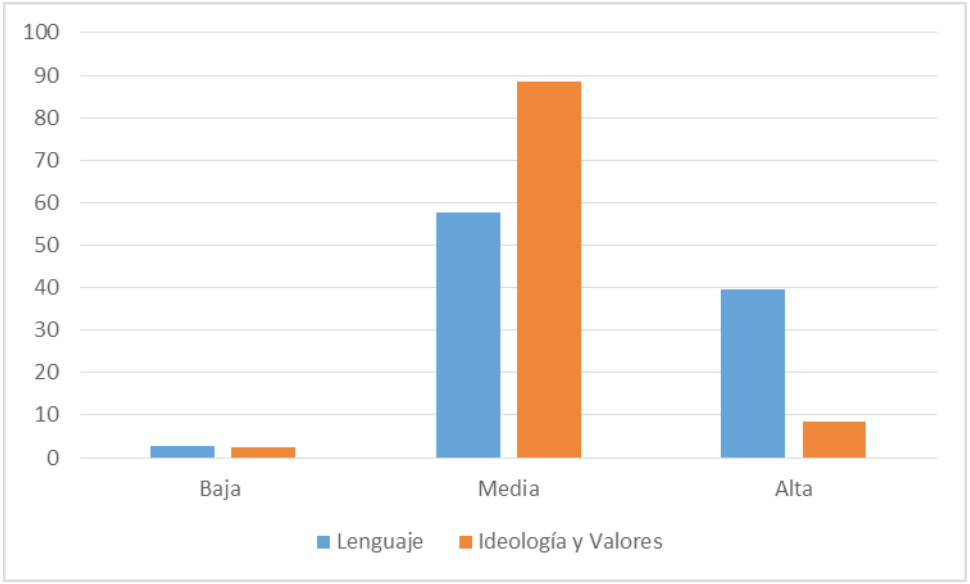


Figura 3 – Resultado de las dimensiones en el cuestionario de estudiantes universitarios.

Los resultados en la base de datos de estudiantes universitarios más interesantes son que existe un 2,5% de bajo nivel de Ideología. Los alumnos universitarios sacaron bajos resultados en las preguntas 12, 19 y 21 que son preguntas sobre cómo buscar en Internet,

si denuncian (o no) en Internet y si siguen temas sociales y políticos en Internet. Para finalizar vemos que en esta base de datos de estudiantes universitarios hay un 39,5% de alto nivel en la dimensión de Lenguaje. Los estudiantes universitarios respondieron correctamente a las preguntas 13 y 14 relacionadas con preguntas sobre los mensajes en los medios y la comprensión por parte de los estudiantes de las imágenes, las palabras, los sonidos y la música.

De 21 a 75 años	Baja	Media	Alta
Lenguaje	3,6	69	27,4
Ideología y Valores	2,6	79,5	17,9

Tabla 4 – Resultado de las dimensiones en el cuestionario del profesorado

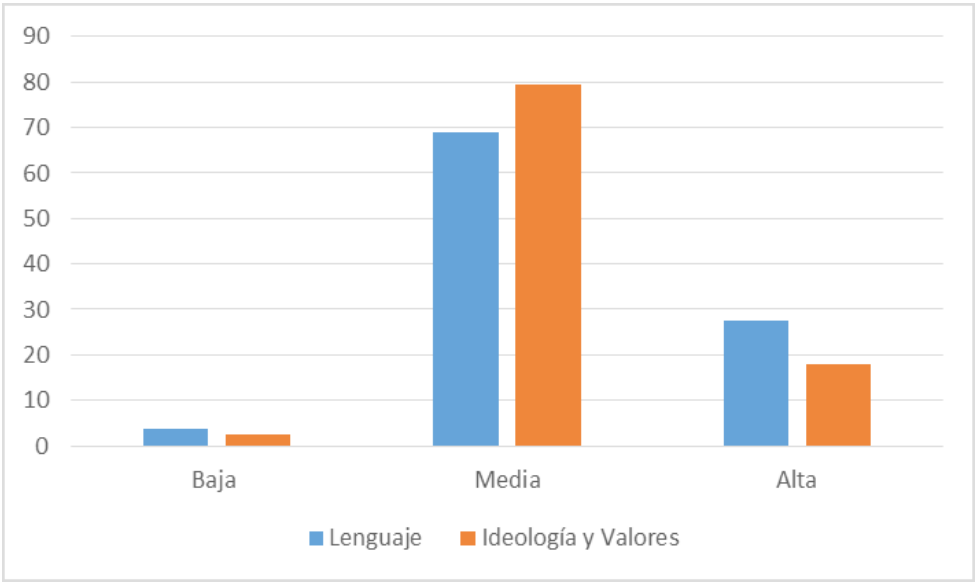


Figura 4 – Resultado de las dimensiones en el cuestionario del profesorado

Por último, los resultados en la base de datos de Profesores no universitarios más atrayentes son que hay un 2,6% de bajo nivel en la dimensión de Ideología y Valores. Los profesores tuvieron bajos resultados en las preguntas 18.7, 19, 20 y 24.4 que corresponden a cuestiones sobre si en los medios aparecen estereotipos o prejuicios raciales, sexuales, sociales, religiosos o ideológicos y sabe identificarlos; si conoce la forma de transmitir valores y si los utiliza en clase. Finalmente, hay que destacar en esta base de profesorado hay un 27,4% de "alto" nivel de Lenguaje. Los profesores respondieron afirmativamente a las preguntas 14, 15 y 24.5 relacionadas con sí reconoce cuando un producto mediático utiliza códigos del lenguaje audiovisual (enfoques, colores o tamaños), si los utiliza y si los usa en sus clases.

5. Conclusiones

Los datos obtenidos se tomaron en instituciones donde profesores y estudiantes universitarios realizan sus actividades diarias, y de acuerdo a las variables establecidas de edad y sexo en los estudiantes universitarios, se puede decir que las mujeres estudian más que los hombres, ya que son mayoritarias en todas las edades excepto en los 22 años. Este hecho está sucediendo en toda Latinoamérica (Correa Olarte, 2005).

En cuanto al análisis de las dimensiones de Ferrés y Piscitelli (2012) en la dimensión de Ideología y Valores se conoció que los estudiantes captan con mayor facilidad las intenciones o intereses en los mensajes recibidos en comparación con sus profesores. Pero denuncian poco a través de Internet y siguen de una manera muy baja temas sociales y políticos por las redes sociales. Los profesores no universitarios descubren los estereotipos y prejuicios raciales, sexuales, sociales, religiosos e ideológicos.

Cuando hablamos de la dimensión de Lenguaje son los profesores no universitarios quienes tienen mayor competencia reconociendo cuándo un producto mediático utiliza códigos de lenguaje audiovisual. Los estudiantes tienen mayor dificultad de buscar cierto tipo de contenido en Internet, aunque tienen la capacidad de receptar e interpretar los mensajes con mayor facilidad en los medios como imágenes, palabras, sonidos y la música.

Es así que, se enfatiza en la urgencia de educar de diferente forma, implementando las nuevas tecnologías en las carencias localizadas tanto en los docentes como en los alumnos. Eso sin dejar de lado los conocimientos y valores de cada sociedad.

Referencias

Aguaded, I., Ferrés, J., Cruz, M., Pérez, M. A., Sánchez, J., y Delgado, A. (2011). *El grado de competencia mediática en la ciudadanía andaluza*. Huelva: Grupo Comunicar Ediciones.

Area, M. y Guarro, A. (2012). La alfabetización informacional y digital: fundamentos pedagógicos para la enseñanza y el aprendizaje competente. *Revista española de Documentación Científica*, 35, 46-74. https://doi.org/10.3989/redc.2012.mono.977

Buckingham, D. (2005). *Educación en medios. Alfabetización, aprendizaje y cultura contemporánea*, Barcelona: Paidós.

Buendía, L. (1997). La investigación por encuesta. In L. Buendía, P. Colás, y F. Hernández (Eds.), *Métodos de investigación en Psicopedagogía*. Madrid: McGraw-Hill.

Corbetta, P. (2003). *Metodología y técnicas de investigación social*. Madrid: McGraw-Hill.

Correa Olarte, M. E (2005). *La feminización de la educación superior y las implicaciones en el mercado laboral y los centros de decisión política*. Tesis Doctoral. Bogotá: Universidad Externa de Colombia.

Cortés Montalvo, J. A., Marín Uribe, R., & Guzmán Ibarra, I. (2014). Competencias mediáticas en docentes, base para la construcción de ciudadanía. *Ámbitos*, 29. Recuperado de https://goo.gl/FSU3Be

Eco, U. (1987). *Apocalípticos e integrados*. Barcelona: Lumen.

Ferrés Prats, J. (2007). La competencia en comunicación audiovisual: dimensiones e indicadores. *Comunicar*, 29 (XV), 100-107. Recuperado de https://goo.gl/B3cvbe

Ferrés, J. & Piscitelli, A. (2012). Media Competence. Articulated Proposal of Dimensions and Indicators. *Comunicar*, 38, 75-82. doi: https://doi.org/10.3916/C38-2012-02-08

Gálvez, M., Bellott, M. (2008). Formación de docentes chilenos en educación en medios. *Cuadernos de Información*, 23, 62-71. Recuperado de https://goo.gl/LsWHct

García- Ruíz, R., Gozálvez, V., y Aguaded, I. (2014). La competencia mediática como reto para la educomunicación: instrumentos de evaluación. *Cuadernos.info*, 35, 15-27. doi: 10.7764/cdi.35.623

García, R., & Renés, P. (2013). Educación mediática en la sociedad actual. *Edmetic*, 2(2), 3-7. Doi: https://doi.org/10.21071/edmetic.v2i2.2875

Garrido, J. M. (2013). Videojuegos de estrategia. Algunos principios para la enseñanza. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 15(1), 62-74. Recuperado de https://goo.gl/3u8pWb

Gross, B. y Contreras, D. (2006). La alfabetización digital y el desarrollo de competencias ciudadanas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 103-125. Recuperado de https://goo.gl/Xf1H7f

Gutiérrez, A. y Tyner, K. (2012). Educación para los medios, alfabetización mediática y competencia digital. *Comunicar*, 38, 31-39. doi: http://dx.doi.org/10.3916/C38-201202-03n

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2003). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.

Kaplún, M. (1998). Procesos educativos y canales de comunicación. *Comunicar*. 11, 158-165. Recuperado de https://goo.gl/JwixpM

Lara, T. (2009). Alfabetizar en la cultura digital. En *La Competencia digital en el área de lengua*. Madrid: Octaedro.

Masterman, L. (1993). *La enseñanza de los medios de comunicación*. Madrid: Ediciones de la Torre. Recuperado de https://goo.gl/gbWRbL

Ministerio de Educación del Ecuador. (2017). *Manual para la implementación y evaluación de los estándares de calidad educativa. Gestión Escolar, Desempeño Profesional Directivo y Desempeño Profesional Docente*. Quito: MinEduc.

Murillo, F. J., y Román, M. (2010). Retos en la evaluación de la calidad de la educación en América Latina. *Revista Iberoamericana De Educación*, *53*, 97-113. Recuperado https://goo.gl/T6PiuR

Pérez, A. y Delgado, A. (2012). De la competencia digital y audiovisual a la competencia mediática: dimensiones e indicadores. *Comunicar*, 20(39): 25-34. doi: 10.3916/C39-2012-02-02

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 06/09/2019
Aceitação/Acceptance: 10/11/2019

Pronóstico de Precio Energético em Colombia: Una Aplicación Econométrica

Mónica Arango[1], Jhon Díaz[2], Yamile Ramírez[3]

moarango@udem.edu.co, jdiaz18@unab.edu.co, yade8978@hotmail.com.

[1]Investigadora Docente Universidad de Medellín/ Docente Universidad Nacional de Colombia, 050026, Medellín-Colombia.

[2]Investigador Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia.

[3]Estudiante Maestría en Finanzas, Universidad de Medellín, 050026, Medellín-Colombia.

Pages: 663–676

Resumen: Pronosticar el precio de la energía eléctrica es de suma importancia para los empresarios, académicos y reguladores, pues este mercado es fundamental para el desarrollo económico de los países. Su pronóstico es un reto, ya que es un *commodity* que cuenta con altos niveles de volatilidad, debido a que su comportamiento depende de: el clima, el precio de los combustibles y las limitaciones para su almacenamiento. Por tal razón, se propone un método para pronosticar el precio de la energía eléctrica en el mercado colombiano, basado en los modelos econométricos; ARIMA–GARCH. Mediante los estadísticos, se concluyó que el modelo de mayor ajuste para la variación del precio en media es un ARMA (14,10)–GARCH (1,1), indicando que los tomadores de decisiones deberán considerar los resultados de los últimos 14 días para diseñar sus estrategias de inversión

Palabras-clave: - pronóstico del precio de electricidad; modelo ARIMA-GARCH.

Forecast of The Energy Price in Colombia: An Econometric Application

Abstract: Forecasting the price of electric energy is of the utmost importance for entrepreneurs, academics and regulators, as this market is essential for the economic development of the countries. Its forecast is a challenge, since it is a basic product that has high levels of volatility, because its behavior depends on the climate, the price of fuels and the limitations for its storage. For this reason, a method is proposed to forecast the price of electricity in the Colombian market, based on economic models; ARIMA-GARCH. Through the statistics, it was concluded that the model of mayor adjustment for the variation of the price in media is an ARMA (14.10)–GARCH (1.1), indicating that the decision makers will consider the results of the last 14 days to design your investment strategies.

Keywords*:* Electricity price forecast; ARIMA-GARCH model.

1. Introducción

En el mundo en que habitamos todo depende del sector energético, pues se relaciona con cada una de las actividades que a diario se desarrollan en la vida cotidiana. En este contexto, la energía es usada en casi todos los sectores productivos y en las actividades diarias como, por ejemplo, los deberes de los hogares, la industria, los medios de transporte, el comercio y en muchas más actividades que están ligadas al uso energético (Tang, Peng, & Xu, 2018). En consecuencia, la energía es una variable crucial para todos; además, es un factor importante en la economía de un país, pues contribuye con el desarrollo económico (Díaz Contreras, Macías Villalba, & Luna González, 2014).

En pocas palabras, energía y desarrollo mantienen, una estrecha relación, y prueba de ello es que, el rasgo dominante de todo el siglo XX —profundizándose con toda probabilidad en el XXI— ha sido un intenso crecimiento de la demanda de energía. La humanidad consume en la actualidad cincuenta veces más energía que hace un siglo (Interamericano, 2002), gracias a este factor se ha visto un buen desarrollo económico a nivel mundial. En la Figura 1 se muestra cómo el uso de energía ha incrementado constantemente a través del tiempo en relación directa con la actividad económica global y la actividad económica de la región Latino América y el Caribe (LAC) (Balza, Espinasa, & Serebrisky, 2016).

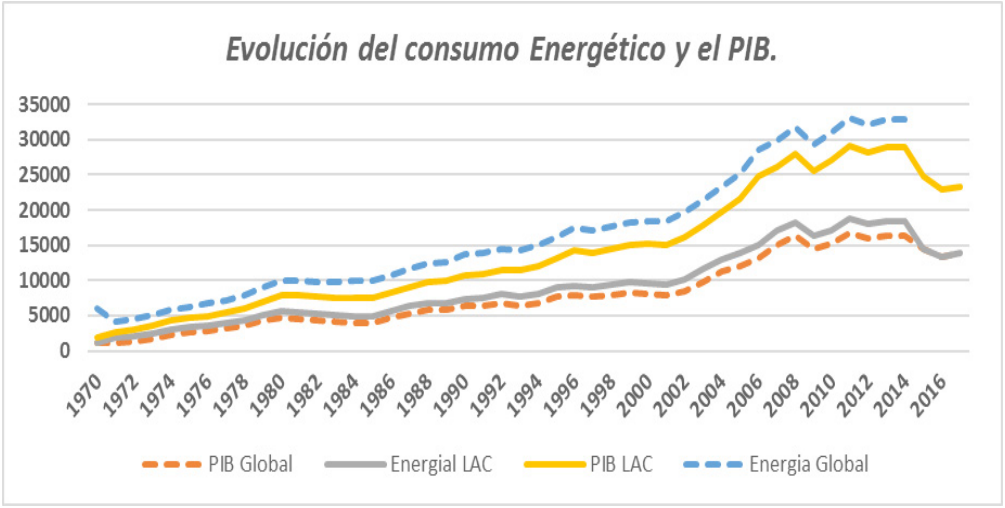


Figura 1 – Relación del PIB global y de LAC con la energía global y de LAC.

A nivel de Colombia, es importante saber que el servicio energético es uno de los mercados más prestigiosos en el desarrollo del país. En la última década, el Producto Interno Bruto (PIB) colombiano ha sido influenciado por el desarrollo e incremento de los servicios públicos nacionales, de forma muy particular por el relativo al sector energético, de tal manera que se ha constituido como uno de los ejes esenciales de la economía nacional (Castillo, Castrillón Gutiérrez, Vanegas-Chamorro, Valencia, & Villicaña, 2015). En la

Figura 2, se evidencia la correlación que tiene la demanda de energía en relación con el progreso económico del país (Marín, 2017) y los ciclos económicos del país.

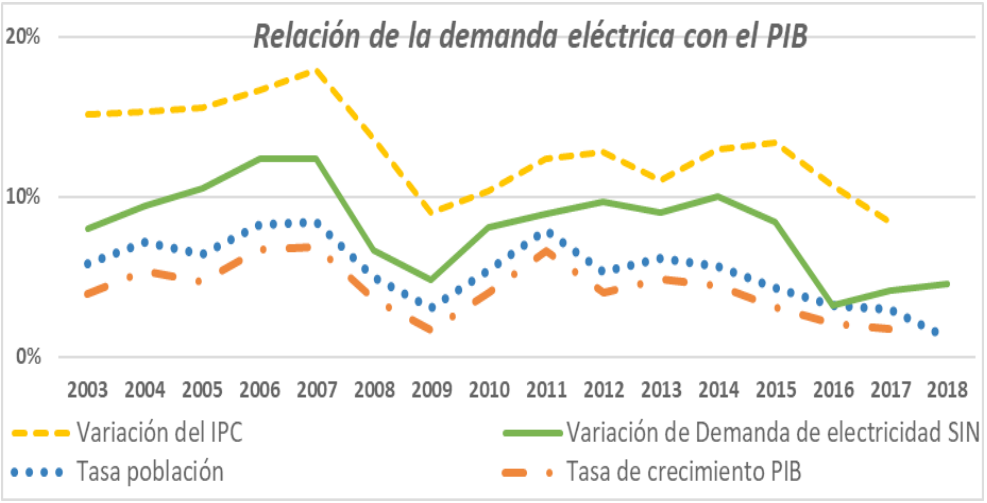


Figura 2 – Relación de la demanda eléctrica con el PIB.

Pronosticar el precio de la electricidad es una tarea de gran importancia para todos los agentes participantes del mercado eléctrico colombiano: administradores, generadores, distribuidores y grandes consumidores. En consecuencia, el resultado de la proyección permite tener una visión futura del comportamiento del mercado, ayudan a establecer estrategias de comercialización, optimizar programas de generación y negociar contratos bilaterales beneficiosos (Vera, Daniel, La, Mensual, & Con, 2016).

Para realizar un buen pronóstico del precio de la energía, varios autores han realizado diferentes estudios los cuales han encontrado varios modelos que les permiten hacer una mejor predicción del precio, dependiendo el horizonte de tiempo con el que quieren realizar el estudio. A nivel Internacional han desarrollado técnicas basadas más que todo en modelos estadísticos y econométricos como lo son: regresión lineal, series de tiempo, los cuales modelan la serie de demanda en función de sus valores pasados (modelos univariados) o en función de algunas variables exógenas como el tiempo o factores socio-económicos.

Algunos de estos modelos los han aplicado para el estudio de las series mensuales de Arabia Saudita y Chile; y para la serie anual del precio de Ciprés. Además, han realizado modelos basados en inteligencia artificial. Esta técnica no es tan común y se ha venido implementando los últimos años, donde han realizado estudios que comparan los resultados con las técnicas usuales, en el cual pronostican la serie horaria de demanda, mediante modelos de redes neuronales artificiales y comparan los resultados con modelos estadísticos como: modelo autorregresivo integrado de promedio móvil (ARIMA), Suavizado exponencial y análisis de componentes principales (Rueda, Velásquez, & Franco, 2011).

En Colombia se ha utilizado principalmente para el pronóstico del precio de la energía, modelos estocásticos como el ARIMA. De igual manera se han aplicado pronósticos del precio del mercado de electricidad colombiano mediante modelos estacional autorregresivo integral de media móvil (SARIMA), con el objetivo de realizar una valoración de proyectos de inversión en el sector (M. A. A. Arango and S. B. Botero, 2017). Mientras que, los demás modelos como: redes neuronales o lógica difusa son poco utilizadas (Rueda et al., 2011).

Por otra parte, varios autores han realizado un pronóstico de dicho *commodities*, donde uno de los estudios donde pronostican el precio de la energía eléctrica fue el realizado por Muñoz (2017), donde presentó un modelo ARIMA en el cual pudo llegar a concluir que si las variables que se están estudiando presentaban altas volatilidades debido al cambio climático, los datos de la muestra presentan asimetría en su distribución y no cumple con los supuestos de estacionalidad, entonces es mejor pronosticar el precio con modelos de la familia ARCH (Muñoz-santiago, 2017).

Por su parte, debido a las características particulares del mercado, Barrientos (2018) realizo una investigación sobre el pronóstico para el largo plazo del precio de la energía eléctrica transada en bolsa, donde uso metodologías de inteligencia computacional como lo es la técnica de redes neuronales y además utilizaron enfoques econométricos: vectores de corrección de errores. En esta predicción los autores llegaron a la conclusión que los modelos econométricos arrojan mejores resultados que las redes neuronales en determinados intervalos de tiempo, además, debido a la relación que se tiene entre el desarrollo económico y la electricidad, el precio de este commodities en el largo plazo tiende a ser alcista (Barrientos, Tabares, & Velilla, 2018)

2. Metodología a implementar

2.1. Modelos Econométricos

2.1.1. Modelo ARIMA

El modelo ARIMA es usado en el pronóstico y modelación de series de tiempo no estacionarias, expresado así:

$$\phi(B)(1-B)^d X_t = \theta_0 + \theta(B)\varepsilon_t \quad (1)$$

Donde,

X_t: Representa una serie de tiempo no estacionaria.

$X_{\varepsilon t}$: Es un ruido blanco con media cero y varianza constante, d es el orden de diferenciación.

B: Es el operador de rezago definido por:

$$BX_t = X_{t-1} \quad (2)$$

$\phi(B)$: Es el operador autorregresivo definido como:

$$\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \cdots - \phi_p B^p \tag{3}$$

$\theta(B)$: Es el operador de media móvil definido por:

$$\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \cdots - \theta_q B^q \tag{4}$$

La aplicación de este modelo considera cuatro fases. En primer lugar, se selecciona un modelo ARIMA que se ajuste al comportamiento del precio de la electricidad. Si la serie contiene múltiples estacionalidades la forma $(1 - B^2)$ debe incluirse en el modelo, donde S es el orden de la estacionalidad. En segundo lugar, se debe aplicar una transformación a la serie para generar una varianza más estable y eliminar la existencia de posibles tendencias deterministas.

Se verifica la presencia de estacionariedad en media a través de las pruebas de raíz unitaria y se define la estructura de φ(B) y θ(B) a través del correlograma de autocorrelación y autocorrelación parcial. El tercer paso es estimar los coeficientes. El último paso es verificar los resultados, si los residuales siguen un proceso de ruido blanco, el modelo se puede emplear para procesos de pronóstico, ya que se identificó el comportamiento de la serie según una forma funcional (Tan, Zhang, Wang, & Xu, 2010).

2.1.2 Modelo GARCH

Los modelos de volatilidad se desarrollan en econometría usando como base los GARCH (p,q), los cuales se tienen en cuenta para predecir, no solo el comportamiento de los rendimientos de un activo financiero p de periodos anteriores, sino también una volatilidad q de períodos anteriores. La persistencia de la volatilidad dependerá de la suma del valor de los coeficientes de cada variable del modelo. Cuando más cerca de uno, la volatilidad será más persistente. La forma general de modelo es la siguiente:

$$\sigma_t^2 = \delta_0 + \sum_{i=1}^{p} \delta_i e_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^{q} \theta_j \sigma_{t-j}^2 \tag{5}$$

Donde

$\delta_0 > 0, \delta_i, \theta_i \geq 0$: Garantiza que la varianza condicional sea positiva.

$\sum_{i=1}^{\max(p,q)} (\delta_i + \theta_i) < 1$: Garantiza que exista la varianza incondicional (o a largo plazo) de los errores.

Por otro, lado el pronóstico de un modelo GARCH (1,1) tiene el siguiente comportamiento para L≥2:

$$\sigma_{T+L}^2 = V_{LP} + (\delta_1 + \theta_1)^{L-1} (\sigma_{T+1}^2 - V_{LP}) \tag{6}$$

Donde

$$\sigma_{T+L}^2 = \delta_0 + \delta_1 e_T^2 + \theta_1 \sigma_T^2 \text{ y } V_{LP} = \frac{\delta_0}{1-\delta_1-\theta_1} \quad (7)$$

Además, vale la pena considerar que la media no condicional del proceso es cero y la varianza incondicional es igual a una varianza a largo plazo (V_{LP})(Monsegny, Cuervo, Arch, Egarch, & Series, 2008).

3. Aplicación del modelo de media y varianza

3.1. Modelo en media

Para realizar un pronóstico del precio de la energía, diversos autores han utilizado varias metodologías, las cuales han podido concluir de forma distinta de acuerdo a cada uno de los métodos utilizados. En esta investigación se realizará en primer lugar un análisis de la volatilidad de los precios de la energía y para esto es preciso determinarlos mediante un modelo, en este caso serán descritos por medio de modelos econométricos, puesto que estos nos permiten obtener información conocida del pasado y con esto se puede llegar a conclusiones futuras.

Al aplicar metodologías con series de tiempo, se deben realizar muchas pruebas para determinar la estacionariedad de la serie y sus correlaciones parciales y totales con sus respectivos valores rezagados, para realizar un ajuste del comportamiento futuro del precio de la energía eléctrica partiendo de la información histórica.

Para iniciar a pronosticar dicho precio, se empieza con la verificación de la estacionalidad de la serie. Para esto, se toman los precios diarios del mercado de electricidad, el periodo comprendido entre el 1 de enero del 2017 hasta 31 de diciembre del 2018, es decir, 730 observaciones (ver Figura 4). Este lapso de tiempo se debe a que en años anteriores como es el caso de los años 2015 y 2016 el precio de la energía se vio fuertemente afectado por factores externos, como es el caso de los fenómenos climáticos del niño, en el cual, el aumento en la demanda de las generadoras térmicas del país, pasó de un precio aproximado de $300 a $1000 por Kilovatio. Además, los incidentes ocurridos en las hidroeléctricas de Guatapé; como fue el incendio en la central hidroeléctrica y el daño en las turbinas de combustión de Termoflores para estos años.

Con el objetivo de realizar el análisis de la serie de los precios se aplica el método de Box-Jenkins. De tal manera que sirve como fundamento teórico para pronosticar el comportamiento futuro de las series, las cuales se encuentran basadas en el análisis por etapas, considerando procesos de: identificación, estimación, verificación y pronóstico, tal como se describe en la Figura 3. Con el fin de realizar la valoración se estima el modelo descrito a través del software Eviews, donde se estimaron 105 modelos, los cuales se depuraron para una selección final mediante los ajustes dados por las pruebas de correlación, heterocedasticidad y estacionariedad.

En la Figura 4 se pueden apreciar los precios de la energía eléctrica por KWh y podemos observar que los costos de cierre diario del mercado energéticos tienen tendencia y variabilidad, esto es, existen indicios de que los precios no son estacionarios para el

periodo analizado, lo quiere decir que ni la media ni la varianza son constantes, descartando así la oportunidad de construir un modelo tipo ARMA. Por tal razón, se debe realizar una transformación a la serie.

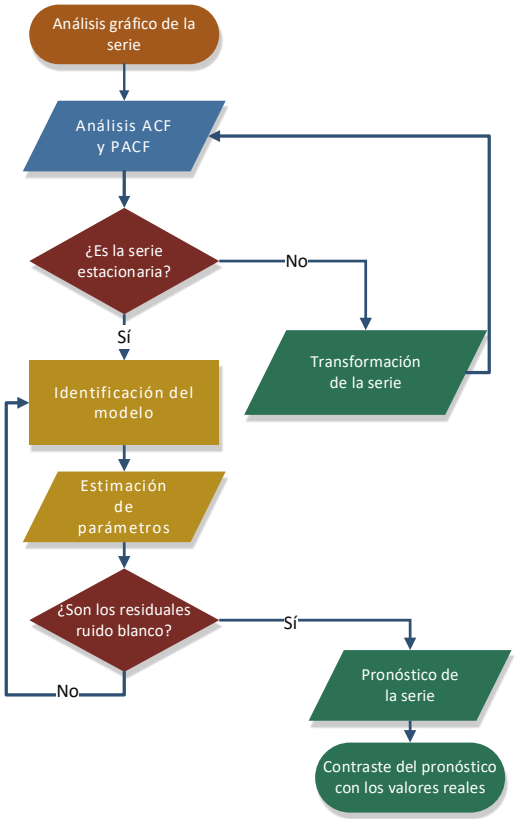


Figura 3 – Método de Box- Jenkins

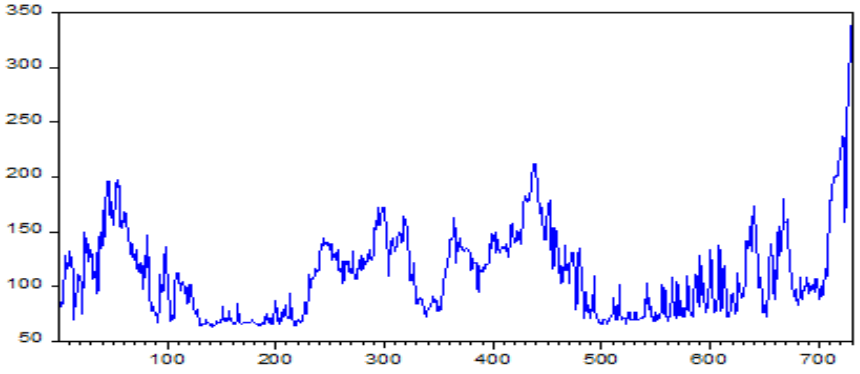


Figura 4 – Precios del mercado eléctrico para los años 2017 hasta 2018

Para realizar dicha transformación, donde se busca eliminar la tendencia y variabilidad de la serie, se hace la diferencia de los precios de la serie original aplicándole las pruebas de la raíz unitaria para determinar si es estacionaria. En la Figura 5 se presentan los retornos diarios del activo energético, los cuales indican la presencia de estacionariedad en media, esto es, la serie ya no presenta tendencia y los precios oscilan alrededor del cero. Sin embargo, se identifica presencia de volatilidad significativa, es decir, la varianza no permanece constante, por el contrario, tiene variaciones a través del tiempo; de allí surge la necesidad por modelar la varianza.

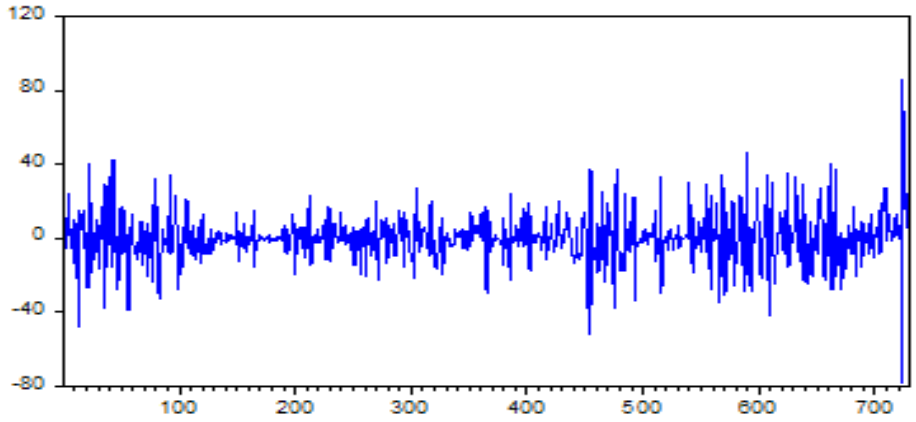


Figura 5 – Diferencia del precio eléctrico.

Para verificar que esta diferencia del precio de la energía es realmente estacionaria se realizó el test de la raíz unitaria donde se evaluaron las pruebas de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) y Phillips-Perron. Para realizar este análisis y comprobar la estacionariedad de los precios se tiene en cuenta que la hipótesis nula y la hipótesis alternativa son respectivamente las siguientes:

H_0: La serie de las diferencias de los precios presenta una raíz unitaria (la serie no es estacionaria)

H_a: La serie de las diferencias de los precios no presenta raíz unitaria (la serie es estacionaria).

Para empezar según los datos arrojados por las pruebas de Dickey-Fuller Aumentado y Phillips-Perron la hipótesis nula se rechaza, es decir la serie de los precios no presenta raíz unitaria lo que nos está aprobando la estacionariedad de los precios, esto debido a que el valor absoluto del valor estadísticos de los precios arrojados por ADF y Phillips Perron es mayor que el valor absolutos de los valores críticos, además cuenta con una probabilidad menor que el 5% como lo podemos observar en la Tabla 1.

Test	Valor estadístico	Valor critico al 5%	Probabilidad	Hipótesis nula
ADF	-32.27037	-2.568825	0.0000	Se rechaza
Phillips Perron	-33.74063	-2.865294	0.0000	Se rechaza

Tabla 1 – Test de la raíz unitaria para los rendimientos.

Después de comprobar que la serie es estacionaria, lo que sigue es verificar que ésta sea ruido blanco, es decir, por medio del test de Q-Box-Pierce se validará que la serie de los precios son independientes entre sí, esto es, que no dependen de los precios inmediatamente anteriores y si esto se cumple se puede garantizar la búsqueda de un modelo de pronostico como es el caso del modelo ARMA. Para realizar este test de la prueba Q-Box-Pierce tenemos en cuenta que la hipótesis nula, H_0 la cual establece que las autocorrelaciones son independientes y la hipótesis alternativa, H_a las autocorrelaciones no son independientes, esto es;

$$H_0: \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \cdots = \varepsilon_t = 0 \qquad H_a: \varepsilon_1 \neq \varepsilon_2 \neq \cdots \neq \varepsilon_t \neq 0 \tag{8}$$

Para probar que no se cumple esta hipótesis nula, debe suceder que en los residuales de la diferencia de los precios al menos una probabilidad debe ser menor al nivel de significancia del 5%, y en este caso, el correlograma arroja todos los residuales nulos, por tanto, los errores no son ruido blanco y por ende se puede seguir con el modelo ARMA para corregir estas autocorrelaciones.

Como ya se verifico que la serie de los precios no son ruido blanco, procedemos a corregir estas aurocorrelaciones por medio del modelo ARMA. Al observar el correlograma de los residuales, se pudo concluir que tiene fuertes procesos autorregresivos (AR) y de medias móviles (MA) en los rezagos 1, 3, 10, 14, 21 y 24.

Al tener identificados los patrones de comportamiento de la serie, se procede entonces a formar el modelo que permita pronosticar el precio, teniendo en cuenta los rezagos de los modelos autocorregresivos y de medias móviles. Después de haber realizado varios análisis y contrastes con diferentes modelos, donde se empieza a descartar cada modelo teniendo en cuenta el menor valor de; criterio de Akaike (AIC), criterio de Schwarz (SC) y el menor Durbin-Watson stat. Al comparar estos criterios, se llega a la conclusión que el mejor modelo es el que tiene comprendidas las variables regresivas AR (3), AR (21) y de medias móviles MA (1) y MA (10). Dichas variables son arrojadas por el programa Econométrico de Eviews y son presentadas en la Tabla 2.

Variable	Tabla	
	Coeficiente	**P-Valor**
AR(3)	-0,102999	0,0006
AR(21)	0,114300	0,0017
MA(1)	-0,215529	0,0000

Variable	Tabla	
	Coeficiente	P-Valor
MA(10)	-0,103817	0,0016
AIC	8,010222	
SC	8,048054	
DW	1,985055	

Tabla 2 – Modelo ARMA.

Donde,

AR(p): Componente autorregresivo de orden p

MA(q): Componente de medias móviles de orden q

AIC: Akaike Info Criterion

SC: Criterion Schwarz

DW: Durbin-Watson stat.

3.2. Modelo de la volatilidad

Después de haber realizado un análisis de las autocorrelaciones, lo que sigue es hacer el estudio a la volatilidad de la serie, siendo esta una de las características más importantes en el análisis de una serie de tiempo. Para realizar dicho análisis, cabe resaltar que la volatilidad no se considera constante, por tal razón se trabaja con modelos GARCH, la cual se identifica por trabajar con series donde las varianzas no son constantes, es decir, a medida que pasa el tiempo la varianza cambia.

Para empezar, es necesario comprobar si existen efecto de volatilidad condicional heterocedástica generalizada, para esto, se realiza el correlograma de los residuos al cuadrado del mejor modelo de la familia ARMA, cuyos componentes autorregresivos son de orden 3 y 21 y sus componentes de medias móviles son de orden 1 y 10, para los retornos diarios. Al realizar dicho procedimiento se comprueba la existencia de la volatilidad condicionada, puesto que varios valores de la autocorrelación de los residuales al cuadrado son menores al nivel de significancia del 5%. Así, para validar la existencia de la heterocedasticidad condicional de la varianza, empleamos el test de ARCH sobre los residuales al cuadrado y el mejor modelo ARMA.

Después de haber realizado los contrastes con los errores de distribución; de la Normal, T-Student y Generalized Error (GED), cumpliendo cada una con las condiciones necesarias de los modelos GARCH y TGARCH, se compara entre estas el menor valor de los criterios AIC, SC y el menor DW, llegando a la conclusión de que el mejor modelo entre estas distribuciones es el de T-students y se elige el modelo GARCH

(1,1) como el más apropiado, puesto que este refleja mucho mejor el comportamiento asimétrico de la varianza condicional heteroscedástica de los rendimientos diarios de la energía eléctrica.

La componentes autorregresiva del modelo GARCH (1,1) es AR(14) y las componentes de medias móviles son MA(1) y MA(10). Dichos resultados de las variables son arrojadas por el programa Econométrico de Eviews y son presentadas en la Tabla 3.

Variable	Tabla	
	Coeficiente	P-Valor
AR(14)	0,083599	0,0013
MA(1)	-0,225937	0,0000
MA(10)	-0,066015	0,0270
AIC	7,670902	
SC	7,720902	
DW	1,940425	

Tabla 3 – Modelo GARCH.

Además, los correlogramas de los residuos y los residuos al cuadrado del modelo GARCH (1,1) estimado, muestran que los valores de autocorrelacion (AC) y autocorrelación parcial (PAC) no son significativos, es decir, ambos cumplen el criterio de ruido blanco; y mediante la prueba ARCH-LM se probó que no se encuentra evidencia de que más efectos ARCH estén presentes, puesto que la probabilidad asociada al estadístico F del contraste se encuentra por fuera de la región de rechazo, es decir, el P-value es mayor que el valor de significancia al 95% como se puede observar en la Tabla 4.

Test ARCH			
F- Estadística	0.143318	**Probabilidad**	0.7051
Obs.*R cuadrado	0.143685	**Probabilidad**	0.7046

Tabla 4 – Test de Heteroscedasticidad: ARCH

En la Figura 6 se presenta la comparación de la diferencia de los precios con el pronóstico dentro de la muestra de los precios modelados por GARCH(1,1), en el cual se evidencia una importante similitud entre ello.

Por otro lado, en la figura 7 se muestra la comparación del precio de la energía eléctrica histórico, con el pronóstico por fuera de la muestra de los precios modelados con GARCH (1,1). Allí se puede presenciar que a pesar de que el precio en los últimos días del año era elevado, este valor tiende a bajar para los próximos días.

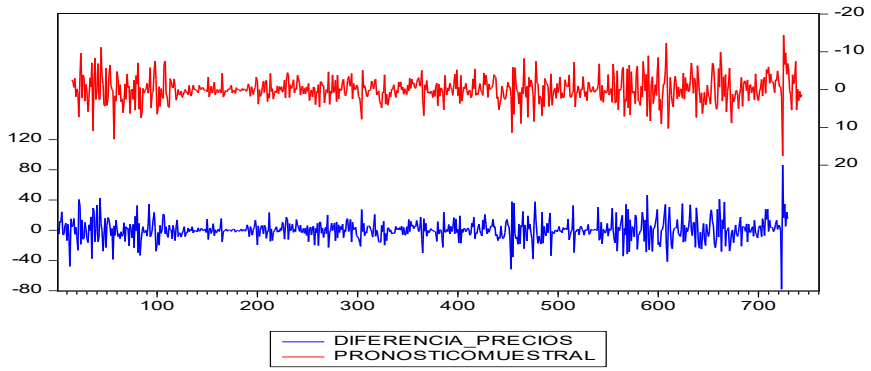


Figura 6 – Pronóstico dentro de la muestra vs diferencia de precios

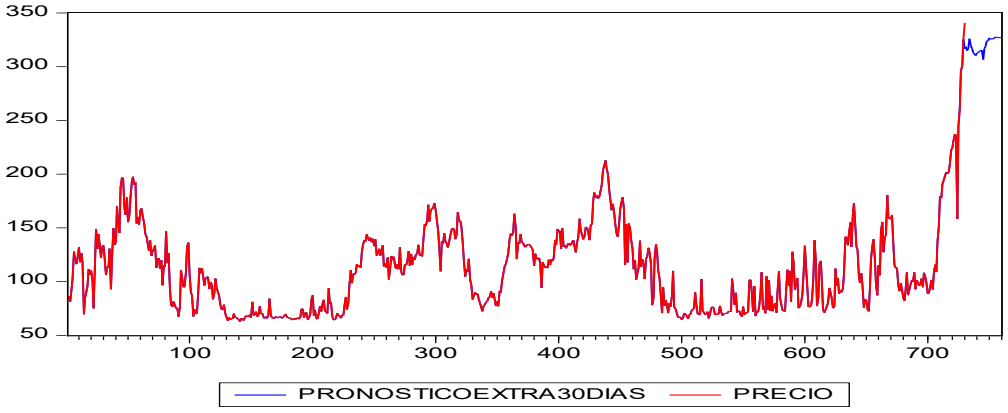


Figura 7 – Pronóstico extramuestral

4. Conclusiones

En la presente investigación se utilizaron los modelos de heteroscedásticidad condicional, GARCH (1,1) y TGARCH (1,1) para evaluar la volatilidad de los rendimientos del precio de la energía eléctrica. El modelo que mejor se ajusto fue el GARCH (1,1), lo cual admite concluir que para el periodo de análisis la serie de rendimientos de los precios de la energía muestran apariencia de efectos ARCH, lo cual indica que la volatilidad no permanece constante a lo largo del tiempo y estas características del mejor modelo, sirven de herramienta para realizar un buen pronóstico a dicho commodities.

Además, este trabajo ofrece una alternativa para el pronóstico del precio de la electricidad, en un contexto de elevada volatilidad e incertidumbre. El resultado obtenido a través del método de Box-Jenkins presenta una propuesta para proyectar el comportamiento promedio y la volatilidad del precio spot en el corto plazo. El periodo de proyección considerado es de 30 días, con memoria de 10 días y una dependencia del comportamiento del precio durante las dos semanas anteriores.

Los experimentos numéricos realizados a partir de los datos obtenidos del mercado de electricidad ofrecen un potencial importante para los tomadores de decisiones y a los inversionistas. En este contexto, se obtienen elementos para la fijación de precios en contratos bilaterales; como el cálculo de medidas de riesgos tales como el VaR (Value at Risk), CFaR (Cash Flow at Risk) y el EaR (Earnings at Risk), para el mercado eléctrico a través del modelo de volatilidad que ofrece el GARCH.

A pesar de que el objetivo consistió en realizar un pronóstico fuera de la muestra (out sample), se realizaron además pruebas dentro de la muestra (in simple), las cuales evidencian un ajuste importante del modelo comparado con el comportamiento histórico.

Referencias

Balza, L., Espinasa, R., & Serebrisky, T. (2016). ¿Luces encendidas? Necesidades de Energía para América Latina y el Caribe al 2040. *Banco Interamerciano de Desarrollo*, *Monografía*(378), 39. Retrieved from https://publications.iadb.org/handle/11319/7361

Barrientos, J., Tabares, E., & Velilla, E. (2018). Forecasting electricity price in Colombia: A comparison between neural network, ARMA process and hybrid models. *International Journal of Energy Economics and Policy*, *8*(3), 97–106.

Castillo, Y., Castrillón Gutiérrez, M., Vanegas-Chamorro, M., Valencia, G., & Villicaña, E. (2015). Rol de las Fuentes No Convencionales de Energía en el sector eléctrico colombiano. *Prospectiva*, *13*(1), 39. https://doi.org/10.15665/rp.v13i1.358

Díaz Contreras, J. A., Macías Villalba, G. I., & Luna González, E. (2014). Estrategia de cobertura con productos derivados para el mercado energético colombiano. *Estudios Gerenciales*, *30*(130), 55–64. https://doi.org/10.1016/j.estger.2014.02.008

Interamericano, E. B. (2002). Energía y desarrollo económico en América Latina. *Bolentin Economico de Ice*, 31–44.

M. A. A. Arango and S. B. Botero. (2017). The application of real options as a tool for decision-making in the electricity market. *12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 1-6. https://doi.org/10.23919/CISTI.2017.7975807

Marín, J. A. V. (2017). *Proyección de la demanda de energía eléctrica y potencia máxima en Colombia* (p. 32).

Monsegny, M. C., Cuervo, E. C., Arch, M., Egarch, G. Y., & Series, A. A. (2008). Modelos ARCH, GARCH Y EGARCH: Aplicaciones a Series Financieras. *Cuadernos de Economía*, *XXVII*, 287–320.

Muñoz-santiago, A. (2017). Pronosticos Del Precio De La Energia en Colombia utilizando modelos ARIMA con IGARCH. *Revista de Economía Del Rosario.*, *20*(1), 127–161.

Rueda, V. M., Velásquez, J. D., & Franco, C. J. (2011). Avances recientes en la predicción de la demanda de electricidad usando modelos no lineales. *Dyna*, *167*, 36–43. Retrieved from http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v78n167/a04v78n167.pdf

Tan, Z., Zhang, J., Wang, J., & Xu, J. (2010). Day-ahead electricity price forecasting using wavelet transform combined with ARIMA and GARCH models. *Applied Energy*, *87*(11), 3606–3610. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.05.012

Tang, E., Peng, C., & Xu, Y. (2018). Changes of energy consumption with economic development when an economy becomes more productive. *Journal of Cleaner Production*, *196*, 788–795. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.101

Vera, G., Daniel, V., La, P. D. E., Mensual, D., & Con, D. E. E. (2016). Pronóstico de la demanda mensual de electricidad con series de tiempo. *Revista EIA*, *13*, 11.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 25/10/2019
Aceitação/Acceptance: 19/12/2019

Sistema de administración de ventas tienda a tienda: Aplicando técnicas de inteligencia artificial

Edwin Barrientos-Avendaño[1], Luis Anderson Coronel-Rojas[1], Fabian Cuesta-Quintero[1], Dewar Rico-Bautista[1],

ebarrientosa@ufpso.edu.co, lacoronelr@ufpso.edu.co, fcuestaq@ufpso.edu.co, dwricob@ufpso.edu.co

[1] Departamento Sistemas e Informática. Grupo de ingeniería en innovación, tecnología y emprendimiento (GRIITEM). Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Ocaña, Colombia.

Pages: 677–689

Resumen: Los sistemas de información buscan satisfacer los procesos de negocio de las empresas buscando que estas sean cada vez más competitivas. En este artículo se pretende mostrar aspectos del desarrollo de un sistema de ventas tienda a tienda utilizando técnicas de inteligencia artificial, desarrollado para satisfacer las necesidades de una Panificadora de la Ciudad de Ocaña dedicada a la comercialización de productos atreves de barrios de la ciudad de Cúcuta Norte de Santander. Se desarrollo una investigación que permitió analizar las particularidades y la visión que tiene la empresa sobre cómo se debería operar un sistema que tuviera algoritmos inteligentes que lograran dar soporte a la toma de decisiones en diferentes áreas de la organización.

Palabras-clave: Empresa; Inteligencia artificial; Modelo; sistema; ventas

Store-to-store sales management system: Applying artificial intelligence techniques

Abstract: Information systems seek to satisfy the business processes of companies, seeking to make them increasingly competitive. This article aims to show aspects of the development of a store-to-store sales system using artificial intelligence techniques, developed to meet the needs of a Bakery in the City of Ocaña dedicated to the marketing of products through neighborhoods of the city of Cúcuta North of Santander. Development of an investigation that allowed us to analyze the particularities and the vision that the company has about how a system that had intelligent algorithms that could support decision-making in different areas of the organization should be operated.

Keywords*:* Artificial intelligence; System; Sales; Model; Company.

1. Introducción

La cuarta revolución industrial (Flores, R.P, 2018), involucra entornos diferenciales de transformación digital aplicada a las empresas como el Internet de cosas (IoT) que se

viene implementando por ejemplo en la construcción de Smart University (Barrientos-Avendaño, E., Rico-Bautista, D., Coronel-Rojas, L. A., & Cuesta-Quintero, F. R, 2019), tecnologías como realidad aumentada (Coronel-Rojas, L., Barrientos-Avendaño, E., Rico-Bautista, D. & Cuesta-Quintero, F., 2019) que permite agregar factor diferenciador a la industria creativa audiovisual, la Big data y análisis de datos junto a la inteligencia artificial hacen parte de dicha revolución conocida como la industria 4.0(Bearzotti, L. A, 2018).

Las empresas dedicadas a ofrecer productos a través de la modalidad de ventas tienda a tienda por los diferentes barrios de la ciudad se encuentran con desafíos en la forma de controlar los diferentes procesos de negocio que involucran clientes, vendedores, despachadores, producción y administradores del negocio, cada uno con procesos que deben estar articulados para que la información fluya buscando una mejor productividad, los sistemas de información que se construyen hoy en día buscan dar movilidad a las personas operando a través del internet, pretendiendo sincronizar el mayor número de operaciones en tiempo real. El sistema tienda a tienda que se desarrolló busca lograr que los dueños del negocio puedan en tiempo real conocer que está ocurriendo en su empresa para la toma de decisiones de forma oportuna basados en algoritmos inteligentes quienes al ejecutarse pueden dar información a los interesados sobre que decisiones tomar en aspectos como producción, ventas, estrategias de mercadeo y demás circunstancias propias de un sistema de ventas tienda a tienda

El documento se encuentra dividido en (ii) Contextualización de las tecnologías smart, (iii) Metodología de la investigación, (iv) Resultados y discusión y (v) conclusiones.

2. Tecnologías smart

Entendiendo en el contexto actual "*Smart Technologies*" a la combinación de Tecnologías de la Información y la Comunicación que incluyen hardware, software y sistemas de comunicaciones capaces de adquirir datos, analizar, predecir tendencias de comportamiento y adaptarse automáticamente (Maestre-Gongora & Colmenares-Quintero, 2018). Estas tecnologías desempeñan una función sustantiva en la generación, el intercambio, la difusión, la gestión y el acceso al conocimiento y son cada vez más importantes y pertinentes en todos los ámbitos de la vida social, pero sobre todo en la educación (Vega-Hernández, Patino-Alonso, & Galindo-Villardón, 2018).

La necesidad de aprender a gestionar tecnologías para fortalecer su contribución a la sociedad es una consecuencia de la irrupción de la tecnología y la globalización lo que ha generado un cambio en el papel de las universidades. (*AI (artificial intelligence)*; *cloud computing; IoT (Internet of Things) y Big data),* siguen emergiendo y logrando grandes avances (Shaoyong, Yirong, & Zhefu, 2016). En los resultados generados a nivel internacional (Rjab & Mellouli, 2018), una revisión de la literatura de 1990 a 2017, el 97% de la bibliografía se centra en la *IoT* y la *AI* (más concretamente, el 55% de la bibliografía se centra en *AI* y el 42% de los estudios se centran en *IoT*). Sin embargo, el 3% de los estudios se centraron en *cloud computing*. Esta observación, nos permite identificar que las principales tecnologías utilizadas en las ciudades inteligentes son esencialmente *IoT* y *AI*, donde la integración de la inteligencia artificial en la red de *IoT* permite crear una infraestructura sostenible e inteligente. La *AI* se caracteriza por ser una imitación de la

inteligencia y de las capacidades humanas, para construir máquinas inteligentes, al igual que es una simulación entre la inteligencia humana y las habilidades de la máquina, con el fin de resolver problemas complejos (Rjab & Mellouli, 2018). *Big data* puede describirse como la plataforma que toma una variedad de datos (estructurados, semiestructurados y no estructurados) recogidos de diferentes fuentes que, si se analizan en el momento adecuado, pueden proporcionar una toma de decisiones óptima para las organizaciones, la salud, la educación y los países (Chaoui & Makdoun, 2018).

Cloud computing es una tecnología predominantemente emergente. Así, organizaciones han comenzado a migrar sus servicios hacia la entorno de *cloud computing* con la esperanza de reducir costes (Al-ruithe, 2017). Una predicción muestra que el 60-70% de la inversión en TI será en el servicio de *cloud computing* para 2020 (Chaveesuk, 2018). Esto demuestra que muchas organizaciones, tanto empresariales como académicas, dependerán de la nube pública (Karkošková, 2018). Desde esta perspectiva, podría implicar que la *cloud computing* será una herramienta impulsora que mejorará todos los sectores industriales, incluyendo una parte educativa. Se puede considerar *cloud computing* como una solución para el análisis de *Big data*, ya que puede proporcionar todo lo que la variedad de datos necesita, como un sistema de procesamiento paralelo distribuido, gran capacidad de almacenamiento, entre otras (Chaoui & Makdoun, 2018), (Nikolopoulos, 2017). La ausencia de sistemas o metodología para ayudar a la organización a implementar su *cloud computing* hace que sea problemático para muchas organizaciones implementarlo con éxito, eficacia y eficiencia (Rad & Rana, 2017), (Steele & Guzman, 2016). Por otro lado, la tecnología *IoT (Internet of Things)* se basa en una gran red de máquinas, objetos o personas llamadas "cosas" interactuando juntos para lograr un objetivo común (Guerrero, Parra-Valencia, & Rico-Bautista, 2017),(Rico-Bautista, Medina-Cárdenas, & Guerrero, 2019). Dicha tecnología genera continuamente grandes cantidades de datos, generando retos como su comprensión, su procesamiento, su seguridad y su almacenamiento que restringe su desarrollo (Shaaban, Schmittner, Gruber, Quirchmayr, & Schikuta, 2018) , (Basingab, Rabelo, Rose, & Gutiérrez, 2017).

3. Metodología de la investigacion

3.1. Enfoque y tipo de Investigación

Para desarrollo de la investigación, se hizo uso del Estudio Descriptivo, que de acuerdo con (Hernández, et al., 2014), "busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis" (p. 92). Es decir, este tipo de estudio pretende únicamente medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables objeto de estudio en procesos de ventas tienda a tienda.

3.2. Seguimiento Metodológico de la Investigación

Para dar cumplimiento al objetivo general del proyecto se hizo necesario organizar el trabajo de la siguiente manera: Realizar un diagnóstico del estado actual de la compañía alimenticia en la forma como operan en la administración de las ventas tienda a tienda, Definir los criterios, características y lineamientos para el diseño del modelo de ventas

tienda a tienda de acuerdo a las necesidades de la empresa. Desarrollar el sistema de acuerdo al diseño propuesto.

3.3. Población

La población objeto de la presente investigación estuvo conformada por los jefes de proceso de la compañía alimenticia Tu pan Gourmet SAS en el área de administración, producción y ventas. Se ha definido esta población porque la responsabilidad de los procesos debe ser de quienes lideran dichas áreas bajo la autorización del nivel estratégico de la organización. Por lo tanto, la población en mención estuvo compuesta de tres 3 personas.

3.4. Muestra

La muestra representativa para la presente investigación, estuvo definida por el total de la población objeto de estudio, es decir, los tres jefes de las áreas en mención de la compañía alimenticia tu pan Gourmet SAS de Ocaña Norte de Santander. Se utilizó una muestra censal, debido a que se hizo necesario incluir todos los casos del universo o la población (Hernández, et al., 2014).

3.5. Técnicas de recolección de información

Las fuentes primarias de información "proporcionan datos de primera mano, pues se trata de documentos que incluyen los resultados de los estudios correspondientes" (Hernández, et al., 2014). La presente investigación tuvo en cuenta las siguientes fuentes:

- Documentos utilizados en el departamento de producción de la empresa, bitácoras, manejo de inventarios
- Documentos utilizados en el departamento de despachos y vendedores quienes son los que recorren las tiendas por los barrios de la ciudad.
- Documentos utilizados por los administradores del negocio para la supervisión de los departamentos de producción y ventas.

Las fuentes secundarias para el desarrollo de la investigación, inicialmente, se utilizaron la información obtenida mediante encuestas aplicadas a los jefes de los departamentos de administración, producción y ventas de la compañía alimenticia tu pan gourmet SAS de Ocaña Norte de Santander; se utilizó como instrumento de recolección un cuestionario de preguntas cerradas con categorías u opciones de respuesta que se definieron previamente. Este instrumento permitió definir los elementos o componentes del modelo de administración de ventas tienda a tienda de la presente investigación. En segunda instancia, se utilizó la observación para determinar el comportamientos y situaciones observables, en los proceso de negocio de la empresa en mención.

4. Resultados

Las técnicas de inteligencia artificial (Heredia, D., Amaya, Y., & Barrientos, E, 2015), son de gran importancia hoy en día para mejorar los sistemas de información, donde los algoritmos son capaces de sustituir personas en el análisis de información (Massa, S. M., Casamayor, A., & Testa, S, (2018), realizando tareas como en el procesamiento

de volúmenes de datos que al ser analizados (Bobadilla, J., Gutiérrez, A., Patricio, M. Á., & Bojorque, R. X. ,2019), logramos pasar de tener información a transformarla en conocimiento (García, E. M. C., Pazmiño, A. M. A., Armijos, C. P. V., Sosa, G. L. A., & Reinoso, M. V. A., 2018) permitiendo a los administradores del negocio mejorar los resultado en la toma de decisiones.

Según estudios Inteligencia Artificial impactará, en última instancia, todas las facetas de negocio (Quintero, Bocanegra, Agudelo & Suárez, 2016), las ventas en línea o través de canales convencionales como los sistemas tienda a tienda, donde los vendedores llegan hasta los negocios de barrio día a día muchas veces por el tipo de producto que se ofrece o en muchos casos por la cultura del comerciante de comprar solo si el vendedor llega hasta su negocio. Este proyecto se desarrolló bajo la premisa de implementar en el modelo de ventas técnicas de inteligencia artificial que permitan mejorar los sistemas existentes en los procesos como despachos, producción, administración y ventas, todo para mejorar la toma de decisiones.

En el análisis de la información recolectada a los diferentes actores de los procesos de negocio de la compañía alimenticia Tu pan Gourmet SAS, se pudo identificar como fluye la información entre las diferentes secciones de la empresa, logrando definir la forma de sincronizar la información en tiempo real, buscando un monitoreo constante por parte de los administradores del negocio.

En la figura 1, se puede observar el modelo de sincronización que el sistema desarrollado logra obtener información de interés de las diferentes secciones de la empresa, cuando el jefe de producción registra en el sistema el producto terminado, el despachador puede comenzar a entregar a vendedores los diferentes productos a distribuir, comenzando a mover el inventario.

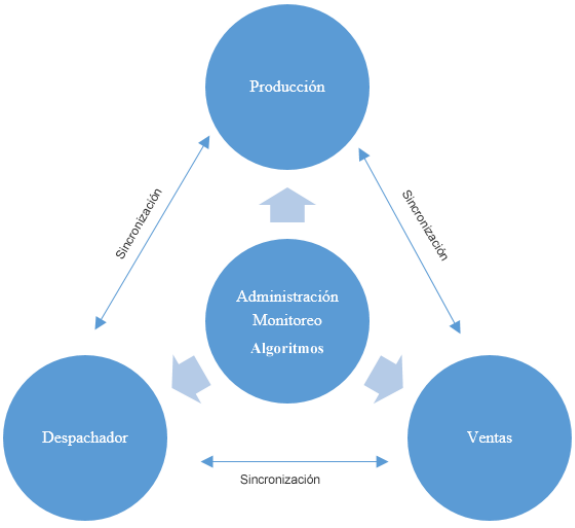


Figura 1 – Modelo de sincronización

Dichos movimientos entran en un proceso de sincronización en tiempo real cuando el vendedor sale a las calles a realizar ventas ingresa al sistema datos de interés de los clientes entre los que se encuentra la Geo-referenciación para el control y organización de rutas por parte de los despachadores, adicionalmente las ventas realizadas son monitoreadas en tiempo real, permitiendo la proyección de los productos a desarrollar al día siguiente, lo mismo ocurre con el despachador y los administradores quienes pueden identificar los productos más vendidos, por zonas, por clientes, por vendedores, logrando tomar decisiones en tiempo real facilitando la planeación estratégica de mercadeo y ventas.

4.1. Desarrollo del sistema

El ingreso al sistema se realiza con las credenciales que cada usuario tiene asignadas por el administrador, una vez se autentica ante el sistema se identifica el rol de usuario asignándole su perfil a través de unos menú de opciones donde los usuarios podrán interactuar de acuerdo a los procesos de negocio de cada departamento de la empresa, ver figura 2.



Figura 2 – Ingreso al sistema

En la figura 3, se observa algunas de las funcionalidades del jefe de despacho, el cual es el encargado de entregar todos los productos a los vendedores, dicho modulo tiene implementado un tecnica de inteligencia artificial conocido como clasificador bayesiano Naïve Bayes es uno de los clasificadores más utilizados por su simplicidad y rapidez (Mina, M. A. E, 2018). Dentro de las técnicas de clasificación y predicción supervisada se pueden construir modelos que predicen la probabilidad de posibles resultados (Arévalo Peláez, J. M. ,2018).

Lo que se buscó dentro del sistema en el módulo de despachos fue lograra que la alta dirección de la empresa en la búsqueda constante de incrementar las ventas de un producto en una ruta determinada se planteó el siguiente caso. A priori, se sabe que la probabilidad de que dicho producto se venda en unas cantidades establecidas es del 60%. No obstante, el jefe de despacho quiere asegurarse mejor y decide realizar una prueba que permite detectar la venta o no del producto objeto de estudio. Dicha prueba tiene una fiabilidad del 90%, es decir, vendiendo cierta cantidad del producto, la detecta en el 90% de los casos. También, cuando realmente no se puede vender la cantidad del producto establecida, la prueba predice que no se puede vender cierta cantidad de producto en la ruta establecida en el 90% de los casos.



Figura 3 – Menú jefe de despacho.

Para resolver el problema, se calcula la probabilidad de que hubiese La venta del producto sabiendo que la prueba ha detectado La venta estipulada (P (Venta | Prueba+)); y por otro lado, debemos calcular la probabilidad de que no hubiese la venta sabiendo que la prueba no ha detectado la venta estipulada (P(NoVenta | Prueba-)). Adicionalmente en el proceso probabilística es de tener en cuenta que la prueba salga positiva, es la suma de las probabilidades de todos los casos posibles donde pueda salir la prueba positiva, ver figura 4.

$$P(A|B)=\frac{P(B|A)\cdot P(A)}{P(B)}$$

Figura 4 – Formula de la prueba.

Se debe hacer igual con P(Prueba-):

$$P(\text{Prueba+}) = P(\text{Prueba+ Venta})\cdot P(\text{Venta}) + P(\text{Prueba+ }|\text{NoVenta})\cdot P(\text{NoVenta})$$

$$P(\text{Prueba+}) = 0{,}9\cdot 0{,}6 + 0{,}1\cdot 0{,}4 = 0{,}58$$

$$P(\text{Prueba-}) = P(\text{Prueba -}|\text{Venta})\cdot P(\text{Venta}) + P(\text{Prueba-}|\text{NoVenta})\cdot P(\text{NoVenta}).$$

$$P(Prueba-) = 0,1 \cdot 0,6 + 0,9 \cdot 0,4 = 0,42$$

$$P(Venta|Prueba+) = (P(Prueba+|Venta) \cdot P(Agua)) / P(Prueba+) = (0,9 \cdot 0,6) / 0,58 = 0,93$$

$$P(NoVenta|Prueba-) = (P(Prueba-|NoVenta) \cdot P(NoVenta)) / P(Prueba-) = (0,9 \cdot 0,4) / 0,42 = 0,86$$

Se selecciona el resultado que refleje más probabilidad. En este caso, es más probable que halla la venta estipulada. P(Prueba+|Venta)=0,9, como se dice en el caso de estudio. Es decir, en los casos que se ha visto que finalmente había la venta estipulada, la prueba ha acertado en el 90% de esos casos.

Qué debemos hacer si existieran más pruebas para detectar si hay venta estipulada? Pensemos en que se aplican nuevas pruebas, las cuales llamaremos pruebas 1, 2, 3 y 4. En este caso tendríamos que calcular la probabilidad de que haya Ventas estipuladas sabiendo que todas las pruebas han dicho que hay Venta. Es decir: P(Venta | P1+,P2+,P3+,P4+). Tras aplicar el Teorema de Bayes (Bárcena, M., Garín, A., Martín, A., Tusell, F., & Unzueta, A. (2017, July) y realizar diversos cálculos llegando a la conclusión de:

$$P(V/b1,b2,b3,b4)=P(V)*(P(b1|V)*P(b2|V)*P(b3|V)*P(b4|V).$$

Al resolver nuevamente el caso anterior, deberíamos de volver a calcular la probabilidad de que haya Venta y de que no haya Venta, y quedarnos con la mayor, podemos añadir un matriz a la fórmula anterior, ver figura 5.

$$Solucion = \arg \max_{i=1}^{n} P(c_i) \cdot \prod_{j=1}^{m} P(a_j|c_i)$$

Figura 5 – Fórmula de Naïve Bayes

De esta manera se logra que en tiempo real y con base en las ventas de los vendedores por las rutas estipuladas donde cada ruta en particular tiene un número de clientes a los cuales el vendedor debe visitar, los jefes de departamento pueden proyectar ventas, producción, compras, poner metas a los vendedores para la obtención de comisiones adicionales por metas cumplidas, ver figura 6.

En el módulo de ventas se buscó implementar la misma técnica de inteligencia artificial que permitiera a vendedores monitorear las ventas que está realizando en tiempo real,

donde los interesados del negocio pueden consultar si está cumpliendo o no con las metas establecidas por la empresa, saber cuál es el producto del día que la empresa está impulsando que requiere mayor atención.



Figura 6 – Menú vendedor

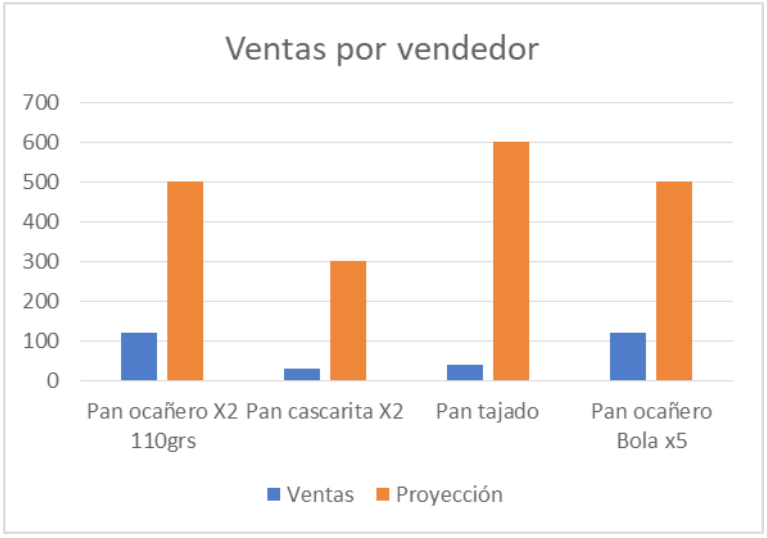


Figura 7 – Ventas por vendedor

Esto permitirá un mayor eficiencia y eficacia en los procesos que se lleva en el día a día de ventas tienda a tienda, adicionalmente el sistema plantea la posibilidad de que los dueños de negocio, puedan a través del sitio oficial de la empresa realizar una preventa

cuando ellos lo requiera, una vez el cliente entra a la plataforma el sistema reconoce su perfil de compras realizadas y le ofrece los productos de acuerdo a su comportamiento de compras, si existe un producto que el cliente nunca ha comprado el sistema se lo ofrece de forma automática esto bajo algoritmos inteligentes (Torres, O., Esteban, J., & Forero Álvarez, C. S, 2018) que analizan el perfil del cliente.

El sistema en diferentes módulos pretende ir mejorando la forma como tomamos decisiones hoy en día soportados por información de interés, el software tienda a tienda pretende ser una herramienta de apoyo para la mejora continua de la empresa, es de aclarar que dicho sistema fue desarrollado adaptado la forma de trabajar de la Panificadora Compañía Alimenticia tu pan gourmet SAS, ver figura 7.

5. Conclusiones

El proyecto busco tomar la experiencia de la empresa Compañía alimenticia Tú Pan Gourmet SAS, en la forma de realizar ventas Tienda a Tienda por los barrios de la ciudad de Cúcuta, creando un modelo de sistema web/Móvil adaptado a los procesos de negocio de dicha empresa.

El sistema implemento técnicas de inteligencia artificial clasificador bayesiano Naïve Bayes, cual nos permitió generar pronósticos en diferentes partes del sistema como ventas, producción, logrando mejorar la planeación de las mismas.

Estas técnicas de inteligencia artificial cada vez son más relevantes en su implementación ya que se sale de lo tradicional en la forma de implementar algoritmos en un sistema mostrándonos que con la información se puede lograr procesos que nos permiten transformarla en conocimiento.

En el desarrollo constate que debe tener dicha aplicación se planteó la implementación de otras técnicas de inteligencia artificial como las redes neuronales para la realización de minería de datos, donde podamos tener un patrón que nos permita, descubrir acontecimientos en ventas, manejo de clientes, producción.

6. Financiamiento

El proyecto fue desarrollado bajo el patrocinio de la Compañía Alimenticia Tu Pan Gourmet SAS, la cual dio todo su apoyo logístico y económico para el buen resultado del mismo, con el apoyo del Grupo de Investigación GRIITEM de la Universidad Francisco de Paula Santander y el Tecnoparque Nodo Ocaña.

Referencias

Al-ruithe, M. (2017). Cloud Data Governance Maturity Model.

Arévalo Peláez, J. M. (2018). Sistema de recomendación de productos para empresas de retail en el Ecuador (Master's thesis, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Maestría en Gestión de Sistemas de Información e Inteligencia de Negocios.).

Bárcena, M., Garín, A., Martín, A., Tusell, F., & Unzueta, A. (2017, July). Un simulador para asistir en la ensenanza del teorema de Bayes. In In-Red 2017. III Congreso Nacional de innovación educativa y de docencia en red. (pp. 15-23). Editorial Universitat Politècnica de València.

Barrientos-Avendaño, E., Rico-Bautista, D., Coronel-Rojas, L. A., & Cuesta-Quintero, F. R. (2019). Granja inteligente: Definición de infraestructura basada en internet de las cosas, IpV6 y redes definidas por software. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (E17), 183-197.

Basingab, M., Rabelo, L., Rose, C., & Gutiérrez, E. (2017). Business Modeling Based on Internet of Things : A Case Study of Predictive Maintenance Software Using ABS Model. https://doi.org/10.1145/3018896.3018905

Bearzotti, L. A. (2018). Industria 4.0 y la Gestión de la Cadena de Suministro: el desafío de la nueva revolución industrial. Gaceta Sansana, 3(8).

Bobadilla, J., Gutiérrez, A., Patricio, M. Á., & Bojorque, R. X. (2019). Análisis de la producción científica basado en las tendencias en temas de investigación. Un estudio de caso sobre inteligencia artificial. Revista española de Documentación Científica, 42(1), 228.

Chaoui, H., & Makdoun, I. (2018). A new secure model for the use of cloud computing in big data analytics, 1–11. https://doi.org/10.1145/3018896.3018913

Chaveesuk, S. (2018). Cloud Computing Classroom Acceptance Model in Thailand Higher Education ' s Institutes : A Conceptual Framework, 141–145. https://doi.org/10.1145/3285957.3285989

Coronel-Rojas, L., Barrientos-Avendaño, E., Rico-Bautista, D. & Cuesta-Quintero, F. (2019). Jardín botánico: Prototipo de software para la gestión y divulgación de plantas nativas basado en código QR y realidad aumentada. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (E17), 267-282.

Flores, R. P. (2018). La universidad 4.0 con currículo inteligente 1.0 en la cuarta revolución industrial/The university 4.0 with intelligent curriculum 1.0 in the fourth industrial revolution. RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 9(17), 168-194

García, E. M. C., Pazmiño, A. M. A., Armijos, C. P. V., Sosa, G. L. A., & Reinoso, M. V. A. (2018). Artificial Intelligence in management decision making. Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valore, (Special).Revista Científica ECOCIENCIA, 2018(Especial).

Guerrero, C. D., Parra-Valencia, J. A., & Rico-Bautista, D. (2017). IoT: Una aproximación desde ciudad inteligente a universidad inteligente. Revista Ingenio UFPSO, 13(1), 9–20.

Heredia, D., Amaya, Y., & Barrientos, E. (2015). Student dropout predictive model using data mining techniques. IEEE Latin America Transactions, 13(9), 3127-3134.

Hernández, S. R., Fernández, C. C., y Baptista, L. M. (2014). Metodología de la Investigación. Recuperado de https://trabajosocialudocpno.files.wordpress.com/2017/07/metodologc3a3c2ada_de_la_investigacic3a3c2b3n_-sampieri-_6ta_edicion1.pdf

Karkošková, S. (2018). Towards Cloud Computing Management Model Based on ITIL Processes. https://doi.org/10.1145/3278252.3278265

Maestre-Gongora, G., & Colmenares-Quintero, R. F. (2018). Systematic mapping study to identify trends in the application of smart technologies. Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI, 2018-June, 1–6. https://doi.org/10.23919/CISTI.2018.8398638

Massa, S. M., Casamayor, A., & Testa, S. (2018). Desarrollo de Habilidades sociales y cognitivas a través de Sistemas Inteligentes. In XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2018, Universidad Nacional del Nordeste).

Mina, m. A. E. (2018). Weka, áreas de aplicación y sus algoritmos: una revisión sistemática de literatura/weka, areas of application and their algorithms: a systematic review of literature.

Nikolopoulos, F. (2017). Using UTAUT2 for Cloud Computing Technology Acceptance Modeling, (1995).

Quintero, J. C., Bocanegra, E. J. G., Agudelo, M. M., & Suárez, O. M. (2016). Análisis de las megatendencias de negocios y formulación estrategia de emprendimiento: Como generar ventas en tiempo récord (Doctoral dissertation, Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnologías. Administración Industrial).

Rad, B. B., & Rana, M. E. (2017). Cloud Computing Adoption : A Short Review of Issues and Challenges Cloud Computing Adoption : A Short Review of Issues and Challenges, (June). https://doi.org/10.1145/3108421.3108426

Rico-Bautista, D., Medina-Cárdenas, Y., & Guerrero, C. D. (2019). Smart University: A Review from the Educational and Technological View of Internet of Things. In Information Technology and Systems Proceedings of ICITS 2019 (pp. 427–440). https://doi.org/10.1007/978-3-030-11890-7_42

Rjab, A. Ben, & Mellouli, S. (2018). Smart cities in the era of artificial intelligence and internet of things, (1), 1–10. https://doi.org/10.1145/3209281.3209380

Shaaban, A. M., Schmittner, C., Gruber, T., Quirchmayr, G., & Schikuta, E. (2018). CloudWoT - A Reference Model for Knowledge-based IoT Solutions. https://doi.org/10.1145/3282373.3282400

Shaoyong, C., Yirong, T., & Zhefu, L. (2016). UNITA : A Reference Model of University IT Architecture. ICCIS ’16: Proceedings of the 2016 International Conference on Communication and Information Systems, 73–77. https://doi.org/10.1145/3023924.3023949

Steele, E. H., & Guzman, I. R. (2016). Investigating the Role of Top Management and Institutional Pressures in Cloud Computing Adoption, 25–26.

Torres, O., Esteban, J., & Forero Álvarez, C. S. (2018). Desarrollo de una aplicación móvil multi plataforma que utilice asistente virtual inteligente para apoyar el servicio al cliente en supermercados: caso de estudio Mercasur 401 en Bogotá (Doctoral dissertation).

Vega-Hernández, M. C., Patino-Alonso, M. C., & Galindo-Villardón, M. P. (2018). Multivariate characterization of university students using the ICT for learning. Computers and Education, 121, 124–130. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.03.004

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 18/09/2019
Aceitação/Acceptance: 24/11/2019

Análisis biomecánico de esfuerzos de la rodilla basado en reconstrucción digital de imagen

David Lanas[1], Juan Lanas-Perez[2], Luis E. Mayorga[3], Marcelo V. Garcia[4]

rlanas@institutos.gob.ec, juan.lanas@udla.edu.ec, lmayorga@uteq.edu.ec, mv.garcia@uta.edu.ec

[1] Instituto Superior Tecnológico Superior Cotopaxi, 050108, Cotopaxi, Ecuador.

[2] Universidad de las Américas, 170125, Quito, Ecuador.

[3] Universidad Estatal de Quevedo, 120301, Quevedo, Ecuador.

[4] Universidad Técnica de Ambato, 180103, Ambato, Ecuador.

Pages: 690–703

Resumen: Las herramientas de software basadas en análisis por elementos finitos son ampliamente utilizados para análisis de tipo mecánico estructural e incluso en otras áreas como la medicina. Esta investigación analiza los esfuerzos que se producen en los dos huesos más importantes que forman parte de la articulación de la rodilla a partir de una tomografía axial computarizada (TAC), y propone una metodología basada en mallas de elementos finitos para poder obtener dichos esfuerzos. A partir de la simulación de la geometría de una rodilla real, se han obtenido curvas de esfuerzo-deformación. Los resultados obtenidos a partir de la simulación mostraron que el patrón de esfuerzos se encuentra en un valor de 10.97 Mpa en la zona entre la eminencia intercondilar y la muesca intercondilar y una deformación unitaria de 1,05x10-2 mm para el fémur y 8,5x10-4mm en tibia.

Palabras-clave: articulaciones; elementos finitos; esfuerzos; deformaciones; Tomografía Axial Computarizada (TAC).

Biomechanical analysis of knee stresses based on digital image reconstruction

Abstract: Software tools based on finite element analysis are widely used for structural mechanical analysis and even in other areas such as medicine. This research analyzes the efforts that occur in the two most important bones that are part of the knee joint from computerized axial tomography (CT) and proposes a methodology based on finite element meshes to obtain these efforts. From the simulation of the geometry of a real knee, stress-strain curves have been developed. The results obtained from the simulation showed that the stress pattern is at a value of 10.97 Mpa in the area between the intercondylar eminence and the intercondylar notch and a unit strain of 1.05x10-2 mm for the femur and 8, 5x10-4mm in warm.

Keywords*:* articulation; finite elements; stress; strain; Computed Axial Tomography (CT).

1. Introducción

El software de elementos finitos es una herramienta de mucha utilidad en el campo de la ingeniería mecánica, ya que gracias a ello se puede realizar el análisis de esfuerzos que se producen en muchos prototipos, para ello es que la geometría del objeto este bien definida para que la simulación sea lo más real posible. Es por esto que es importante definir correctamente la geometría de la rodilla con la mayor precisión posible, mediante la simulación a partir de una Tomografía Axial Computarizada (TAC) y analizar los resultados para determinar las posibles causas de lesiones.

En la actualidad la medicina está muy relacionada tanto con la ingeniería como con la tecnología y cada vez es más importante y notoria la relación estrecha que existe entre estas ciencias. Es gracias a estos avances que la medicina en los días de hoy se permite, por ejemplo, realizar operaciones de manera virtual, diseñar y fabricar implantes ortopédicos que se acerquen más de manera real al del cuerpo humano (Maly, Culham, & Costigan, 2002).

Esto ha llevado que la ingeniería asistida por computadora se involucre de tal manera en el ámbito de la medicina que gracias al software de elementos finitos se puede determinar, por ejemplo, la posibilidad de que una persona pueda sufrir un infarto gracias al análisis por dinámica de fluidos computacional (CDF) y determinar si una arteria presenta posibles causas congénitas que conlleven al deceso de una persona (Abdallah & Radwan, 2011).

La biomecánica es un objeto de estudio muy importante ya que al ser el cuerpo humano un mecanismo complejo que al momento de estar en movimiento conlleva a generar una serie de esfuerzos, tanto desde el punto de vista cinemático como dinámico, es por ello que el estudio de dichos esfuerzos desde el punto de vista mecánico, posibilitará determinar el máximo esfuerzo permisible que admiten ciertas articulaciones como es el caso de la rodilla y de esta manera poder determinar las causas de las lesiones ocurridas en las personas (Shirazi & Shirazi-Adl, 2009).

Este trabajo de investigación tiene como objetivo principal el obtener un modelo en 3D en formato CAD partiendo de una tomografía axial computarizada de la rodilla de esta manera se realiza análisis y cálculos de los esfuerzos que se producen en las articulaciones del cuerpo humano mediante un algoritmo de elementos finitos para determinar lesiones en esta articulación.

El presente trabajo está dividido en 7 secciones incluida la Introducción. En la Sección 2 se presenta los Trabajos relacionados en el cual se indica el estado de investigaciones a nivel mundial y local sobre este tema. En la Sección 3 se presenta el estado del arte en el cual se detalla la investigación conceptual sobre el presente tema. En la sección 4 se indica la metodología propuesta para el desarrollo de estudios de esfuerzos y fatiga en la rodilla. En la sección 5 se indica los resultados obtenidos. En la sección 6 se realiza una breve discusión y análisis crítico de los resultados. Finalmente, en la sección 7 se encuentran las conclusiones obtenidas.

2. Trabajos Relacionados

El objetivo de esta sección es presentar las tecnologías que se pueden adaptar para la reconstrucción de la malla de una rodilla a partir de una tomografía axial computarizada. En este sentido, se da una visión general de trabajos relacionados, paradigmas y tecnologías de implementación, es decir, arquitecturas de software para análisis de esfuerzos del cuerpo humano mediante algoritmos de elementos finitos.

En investigaciones como las realizadas por Scherer et al. (Scherer, Hoechel, Müller-Gerbl, & Nowakowski, 2019) establece una relación entre el sistema de coordenadas clínicas centrado en la rodilla (CCS) y un sistema de coordenadas biomecánicas (BCS) basado en la línea Mikulicz. Este estudio parte de un conjunto de datos de tomografía computarizada (TAC) centrada en la rodilla. Se evaluan conjuntos de datos de TAC de 45 extremidades inferiores. Usando el software VG Studio Max, un programa de software de visualización y medición; cada conjunto de datos de CT se alinea de acuerdo con CCS y BCS. Después de superponer los dos conjuntos de datos alineados, las desviaciones de ambos sistemas de coordenadas en los tres planos se miden con el centro de la rodilla definido como el origen. El uso de este software permite verificar que el método CCS es el óptimo para determinar enfermedades producidas por esfuerzos en la rodilla.

Debido a la diversidad en el diseño experimental de las investigaciones, las diferencias individuales de los sujetos y los cambios relativamente pequeños introducidos por las ortesis modeladas por TACs, no se han logrado resultados consistentes (Abdallah & Radwan, 2011; Kakihana, Akai, Yamasaki, Takashima, & Nakazawa, 2004; Kerrigan et al., 2002; Maly et al., 2002). Actualmente, el método de modelado por computadora, particularmente el basado en los elementos finitos (FE) manifiesta gradualmente su ventaja de explorar las respuestas biomecánicas de las estructuras internas de las articulaciones. El estrés excesivo en las capas de cartílago y meniscos predichos por el modelo FE debería ser un índice directo de carga de rodilla. Las reducciones del estrés en cualquier capacidad aliviarían posteriormente la carga compresiva acumulativa en la articulación de la rodilla.

Existen varias investigaciones que desarrollan modelos de extremidades del cuerpo basadas en FE como los mostrados de pie y tobillo (Cheung & Zhang, 2005, 2008; Cheung, Zhang, Leung, & Fan, 2005; Liu & Zhang, 2013; Yu et al., 2008) que han contribuido a la comprensión de la interacción mecánica entre el pie y los soportes para los pies. Se ha demostrado que el modelado FE podría ampliar el conocimiento sobre biomecánica del pie y mejorar el diseño del soporte del pie con información paramétrica. Con respecto a la articulación de la rodilla, el modelado FE de la articulación total de la rodilla o las estructuras de la rodilla en aplicaciones clínicas también ha demostrado el potencial del método FE para investigar la biomecánica de la rodilla con intereses de investigación específicos (Beillas, Lee, Tashman, & Yang, 2007; Farrokhi, Keyak, & Powers, 2011; Peña, Calvo, Martínez, & Doblaré, 2006; Ramaniraka, Terrier, Theumann, & Siegrist, 2005; Shirazi & Shirazi-Adl, 2009).

Como se puede observar existen varias investigaciones que tratan sobre el uso de elementos finitos en el modelado de extremidades superiores e inferiores, pero no han atacado el problema del análisis de posibles enfermedades que pueda tener el

paciente y es aquí donde este estudio presenta su diferenciador con respecto a las otras investigaciones.

3. Estado del Arte

En esta sección se explicará todos los conceptos que se aplicarán para el desarrollo de la propuesta de la investigación.

3.1. Estados de carga de la rodilla

La rodilla es la articulación más grande, más flexible y más compleja presente en el cuerpo humano, dicha articulación es de tipo troclear, es decir, el extremo de un hueso se inserta en soporte óseo a modo de polea, el cual permite dos movimientos flexión y extensión.

Por la biomecánica de los huesos largos se sabe que la mayor parte de los esfuerzos tiene lugar en las articulaciones. La rodilla debe cumplir con los siguientes requisitos: (i) Resistir las cargas que inciden sobre el pie en el contacto con el suelo y (ii) proporcionar las fuerzas y momentos necesarios para poder superar las fuerzas inerciales durante la fase de desplazamiento de la marcha.

En varios estudios de investigación realizados que tienen relación con el análisis de las fuerzas de contacto con el suelo, se pudo establecer que durante diferentes actividades ambulatorias dichas fuerzas varían desde 1.3 veces el peso corporal durante la marcha normal hasta 2 veces el peso corporal durante la carrera. Durante el ciclo de marcha, las fuerzas de contacto que existen entre el pie y el suelo varían en cuanto a su dirección, las fuerzas se dirigirán hacia arriba y hacia atrás cuando se produce el choque del talón, mientras que durante la posición de media marcha, la fuerza se dirigirá hacia adelante. Para ambos casos el momento de la articulación de la rodilla poseerá una magnitud que estará en función del centro real de rotación o del punto de contacto de la articulación (Barreto Andrade, Villarroya-Aparicio, & Calero Morales, 2017; Valencia-Aguirre, Mejía-Echeverria, & Erazo-Arteaga, 2017).

3.2. Modelos computacionales de la articulación de la rodilla

Los modelos de articulación de rodilla se pueden clasificar en analíticos y computacionales. Se utilizan modelos analíticos para describir la cinemática de la rodilla y extraer información sobre la cinética articular. La deformación de los tejidos, excepto los ligamentos, normalmente se ignora en estos modelos y solo se estudian los movimientos corporales rígidos.

Esta metodología a menudo se llama dinámica inversa (dinámica de cuerpo rígido) y puede ser referida como analítica ya que solo se requiere un trabajo numérico sin excesivo gasto computacional para las soluciones. Se han publicado en varias investigaciones modelos analíticos con diferentes grados de precisión. Estos modelos se usan para describir el movimiento articular y la cinemática en 2D/3D y para predecir las cargas en los músculos, tendones y ligamentos (Butler, Caruntu, & Freeman, 2017; Madeti, Chalamalasetti, & Bolla Pragada, 2015).

En algunos de estos modelos (principalmente 2D), se usan algoritmos de contacto simples como el enfoque de contacto de Hertz para describir las interacciones tisulares (Naghibi Beidokhti et al., 2017; Victor, 2017). Algunos modelos analíticos consideraron las no linealidades geométricas y con frecuencia incluyeron los efectos de inercia de los huesos (Hatano, Krzysztof, Sauer, & Morita, 2019; Zhang, Liu, Meng, Ming, & Huang, 2018). En algunos estudios recientes, los modelos musculoesqueléticos de cuerpo rígido se combinaron con el enfoque FE para investigar la mecánica de contacto de la rodilla y el papel de los meniscos en el funcionamiento de las articulaciones (Guess, Razu, & Jahandar, 2016).

La validación es un paso necesario en el desarrollo del modelo. Los datos establecidos pueden ayudar a los investigadores a validar sus modelos de cuerpo cinemático y rígido. Aunque los modelos analíticos ofrecían enfoques robustos para determinar la cinemática de la rodilla, tenían capacidades limitadas para describir los patrones de estrés/deformación de cartílagos, meniscos y ligamentos en configuraciones 3D. Además, la respuesta no lineal, anisotrópica y dependiente del tiempo de los tejidos blandos no se pudo capturar utilizando estos modelos. Los modelos analíticos no eran adecuados para la simulación del contacto mecánico altamente no lineal entre superficies de articulación que sufren grandes deformaciones. Se puede encontrar una revisión más completa de los modelos analíticos en las revisiones de Räsänen et al. (Räsänen et al., 2016).

3.3. Métodos de generación de la malla de la rodilla

La geometría de la articulación de la rodilla normalmente se reconstruye a partir de datos de imágenes obtenidas de Imágenes de resonancia magnética (MRI), Tomografía Axial Computarizada (TAC) o Micro-TAC de la articulación. Las imágenes de resonancia magnética generalmente se prefieren para la reconstrucción de tejidos blandos, mientras que las imágenes de TAC son más precisas para tejidos duros (huesos). El proceso esencial en la reconstrucción de geometría es seleccionar con precisión los límites de los tejidos a partir de las imágenes. Este proceso se llama segmentación y se puede realizar de forma automática o manual. Después de extraer la geometría inicial de las imágenes, normalmente se requiere una edición adicional para mejorar la precisión del modelo y suavizar las superficies. Esto generalmente se hace eliminando los artefactos de compresión, como bordes/vértices redundantes, pequeños espacios y bordes afilados, que pueden resultar en mallas imposibles o mallas densas innecesarias (Räsänen et al., 2016).

La malla basada en FE se puede generar utilizando las funciones integradas del software de procesamiento de imágenes. La elección entre las herramientas de mallado de un software de procesamiento de imágenes y un programa de mallado de terceros se basa principalmente en el tipo de malla requerido. Normalmente se produce en la malla elementos triangulares/tetraédricos o una combinación de elementos tetraédricos y hexaédricos. Con este enfoque, la información de malla (coordenadas nodales y números de elementos) se puede exportar normalmente a un software FE para realizar análisis de elementos finitos. Sin embargo, dado que la malla exportada (generalmente llamada malla huérfana) no incluye toda la información geométrica de la rodilla reconstruida, los cambios importantes en la malla o la regeneración de la malla solo se pueden realizar en el software de procesamiento de imágenes.

4. Metodología Propuesta

Este artículo tiene como objetivo determinar la fuerza máxima admisible que es capaza de soportar la articulación de la rodilla, debido a la acción de las fuerzas externas, bajo dos condiciones de trabajo en particular, como son el trote moderado y el levantamiento de pesas.

En la actualidad el aporte de la ingeniería a la medicina es muy importante y cada vez está más ligado, no solo en la parte del equipamiento que existe en hospitales y clínicas, sino también en el estudio que se realiza en el cuerpo humano desde el punto de vista mecánico, en lo que se ha llamado la biomecánica, es por esto que se establece una metodología de análisis por elementos finitos que permiten la reconstrucción en 3 dimensiones de la rodilla.

El proceso de obtención del modelo, parte de una TAC de la rodilla se lo procede a convertir en un formato de archivo informático de diseño asistido por computadora (CAD) que define geometría de objetos 3D, excluyendo información como color, texturas o propiedades físicas (formato stl), el mismo que luego de varias modificaciones y restringiendo las partes necesarias de la rodilla. Posterior a esto se realiza una reconstrucción de la malla de la rodilla basado en elementos finitos y de esta manera poder realizar el estudio de esfuerzos a que fue sometida la rodilla. La metodología propuesta se la resume en la Figura 1.

Todo esto contribuye a que en el campo de la medicina se puedan realizar los trabajos inherentes a la misma, con la menor cantidad de riesgo posible, y de esta manera brindar una mejor atención a los pacientes.

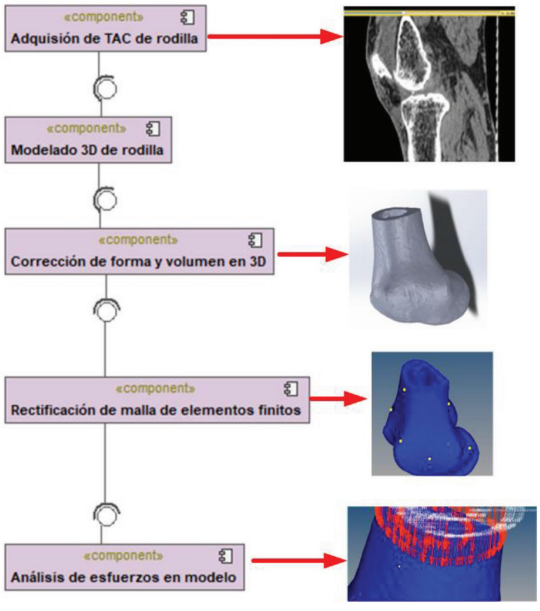


Figura 1 – Arquitectura de metodología propuesta

4.1. Validación de la Malla de Elementos Finitos

El método de los elementos finitos (FE) es un método numérico que genera soluciones de tipo aproximado para cualquier problema de ingeniería que serían imposibles de llevar a cabo por medio de métodos clásicos de matemáticas. Permite analizar cualquier pieza de cualquier tipo de geometría, obteniendo el campo tenso-deformacional en el interior de dicha pieza, y de esta manera poder analizar si dicha pieza cumple con los requisitos estructurales que esperábamos de ella.

Al realizar el análisis matricial de estructuras, del vector de cargas se conoce sus componentes relacionadas a las cargas aplicadas directamente al sólido, mientras que no se conocen las cargas de reacción que son consecuencia de las ligaduras existentes. Del vector desplazamiento nodal, solo se conocen las componentes que son consecuencia directa de las ligaduras existentes. El método de elementos finitos solo hace cálculos en un número limitado (finito) de puntos y luego interpola los resultados para el dominio completo (superficie o volumen).

Para poder determinar el tipo de malla que se debe utilizar en esta investigación por medio del software Hyperworks® de elementos finitos se realiza un estudio de la misma, ya que esto permitirá obtener resultados más confiables. El utilizar tanto una malla muy gruesa o una malla muy fina no arrojara resultados adecuados, es por este motivo que el estudio de la malla del presente trabajo se lo realizo con tres tipos de malla: (i) malla gruesa, (ii) malla media y (iii) malla fina todas realizadas con elementos exaedros (Ver Figura 2). Basado en estudios de literatura presentados anteriormente (Wang, Ye, Liu, & Wang, 2009), las propiedades del material fueron seleccionadas como material isotrópico para huesos, tejidos blandos y ligamentos, que se formaron la extremidad inferior.

Como se puede ver en la Figura 2 entre la malla fina y la malla gruesa no existe una diferencia del 20% en los valores del desplazamiento lo cual permite realizar el estudio con un tipo de malla fina el cual arrojaría resultados mucho más precisos y confiables.

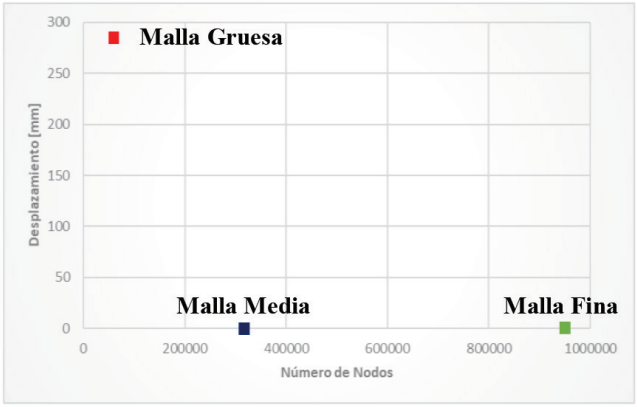


Figura 2 – Comparación entre los tipos de malla utilizados

4.2. Validación de la convergencia de la malla

Al realizar el modelado de elementos finitos, una malla más refinada, da como resultado una solución más precisa, sin embargo, cabe mencionar que a medida que la malla se vuelve más refinada, el tiempo de cálculo aumenta.

El de estudio de convergencia de malla permite obtener una solución precisa con una malla que sea lo suficientemente densa, pero también que no demande una cantidad excesiva de recursos de procesamiento. Para el presente estudio se realizó el estudio de convergencia de malla tomando los valores del esfuerzo y de los grados de libertad dando como resultado lo mostrado en la Figura 3.

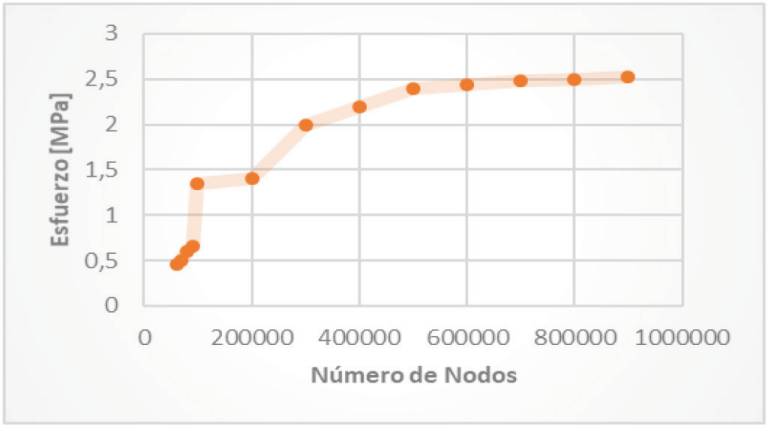


Figura 3 – Convergencia de la Malla

Como se puede observar en la Figura 3 la malla es convergente ya que, al disminuir el tamaño de los elementos, y por lo tanto aumentar el número de nudos y de elementos, la solución obtenida tiende a la solución exacta. Adicionalmente se puede observar que la malla se empieza a refinar a partir de los 40000 elementos, cabe mencionar que este refinamiento implica que el tiempo de post procesado sea extremadamente alto, esto se debe a la complejidad de los elementos que fueron sujetos de estudio.

5. Resultados

Para este estudio se toma TACs en formato DICOM, (Digital Imaging and Communication in Medicine), usando el programa 3D Slicer® las TACs se las convierte a un archivo con extensión IGES para poder ser manipulada por cualquier software de diseño mecánico. Posteriormente usando el software Hyperworks® s en el cual se realizan modificaciones en la malla de elementos finitos ya que existen espacios vacíos los cuales impiden realizar el análisis mecánico en cualquier software de análisis mecánico.

Para realizar el análisis de esfuerzos se plantea una carga distribuida, en función de las siguientes ecuaciones (Ver ecuaciones (1) y (2)):

$$\text{Carga} = \frac{\text{Peso de la persona}}{\text{Número de nodos}} = \frac{70\ \text{Kg}}{271\ \text{nodos}} = 0.25\ {}^{\text{Kg}}/_{\text{nodos}}$$

$$\text{N° de ecuaciones} = \text{N° de nodos} \times 6\ \text{grados de libertad} = 43500 \times 6 = 2{,}610.000$$

Para proceder al análisis de esfuerzos en la rodilla se tomaron en consideración tres tipos de carga que son de 70 kg, 300kg y 500 kg; se realizan dos tipos de gráficos el (i) primero es el análisis de desplazamientos en este estudio se aplican cargas a un sólido, este se deforma y el efecto de las cargas se transmite a través del sólido. Lo que hace la simulación es inducir fuerzas internas y reacciones desde las cargas externas para renderizar el sólido a un estado de equilibrio. El (ii) segundo estudio es el análisis de esfuerzos de Von Mises el cual permite detectar la fatiga de los cuerpos producidos por las cargas y descargas repetidas que debilitan a la rodilla a lo largo del tiempo, incluso cuando las tensiones inducidas son considerablemente inferiores a los límites de tensión permitidos. Estos estudios se realizan en el fémur (Ver Figura 4) y en la tibia (Ver Figura 5).

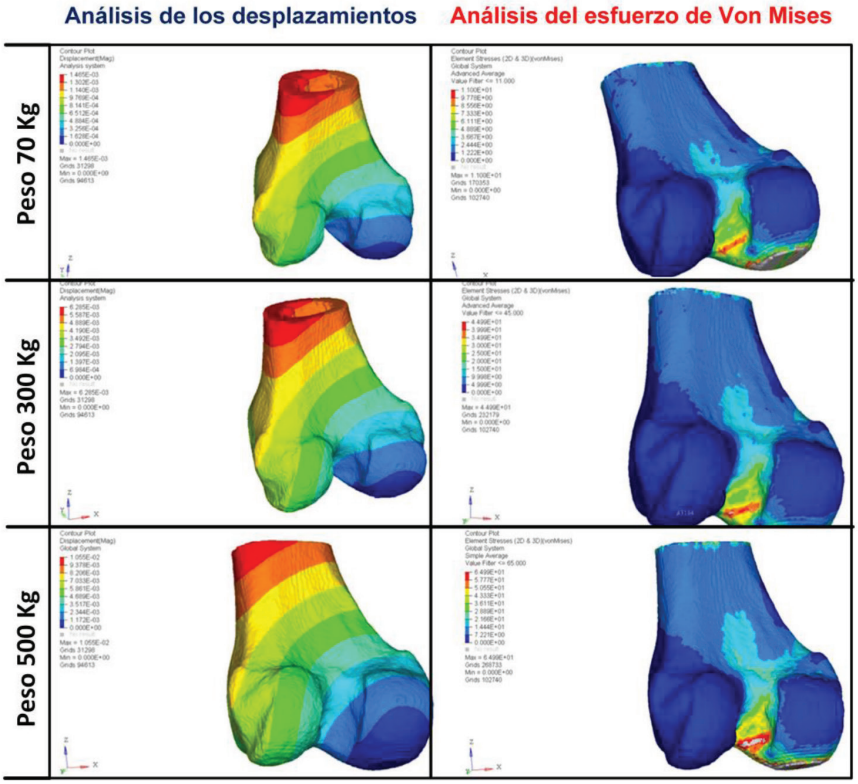


Figura 4 – Análisis de desplazamiento y Von Mises del fémur

6. Discusión de Resultados

El método de elementos finitos es un método que permite el cálculo de forma aproximada, el mismo que se acerca al valor de los desplazamientos mediante funciones polinómicas definidas por valores en un conjunto de puntos del sólido, esto es de gran ayuda ya que se puede contar con modelos numéricos que simulen de forma bastante aproximada el comportamiento de los huesos que componen la rodilla como son el fémur y la tibia. Se ha considerado para la simulación realizada en el presente trabajo al tejido óseo como un material homogéneo, lineal e isótropo, ya que en investigaciones previas también existen limitaciones del modelo y enfatizan en la anisotropía del hueso esponjoso en la tibia proximal, sin considerar los posibles efectos que podría generar esta anisotropía en los resultados finales. En los 6 modelos tanto de la tibia como del peroné simulan situaciones de carga y sobrecarga que se producen en una persona normal en su diario convivir, estas simulaciones comparan tanto la deformación como el esfuerzo, lo cual permite conocer en qué parte de la rodilla existe el mayor esfuerzo posible e indicar una posible fractura o lesión futura.

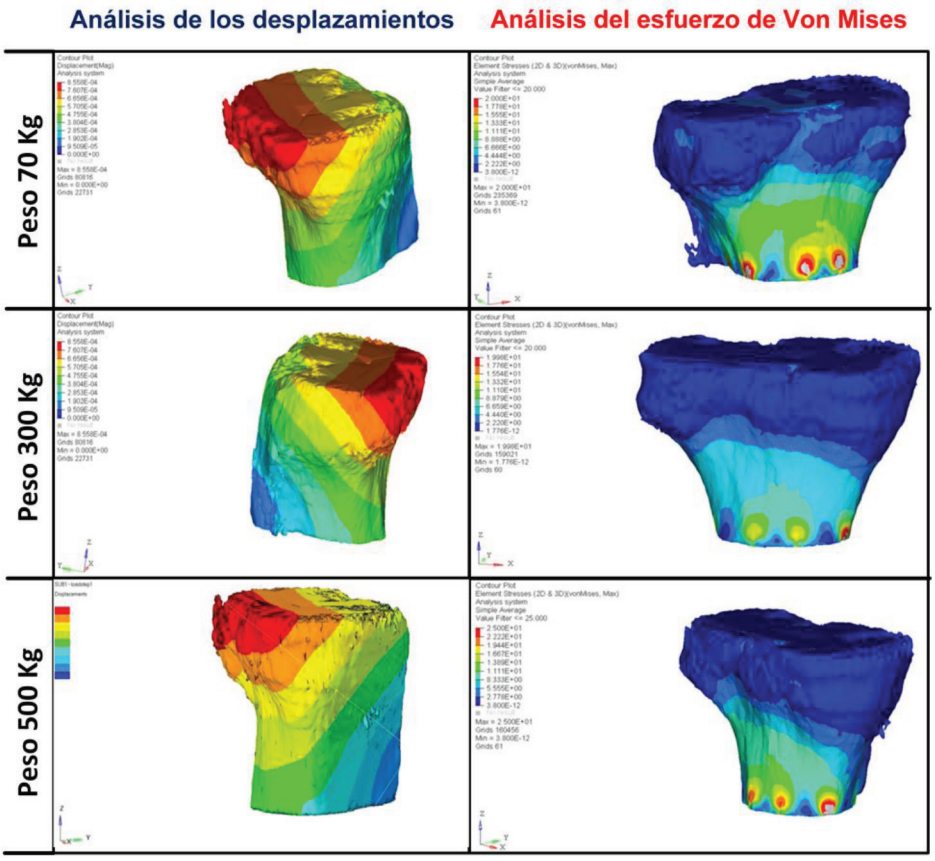


Figura 5 – Análisis de desplazamiento y Von Mises de la tibia

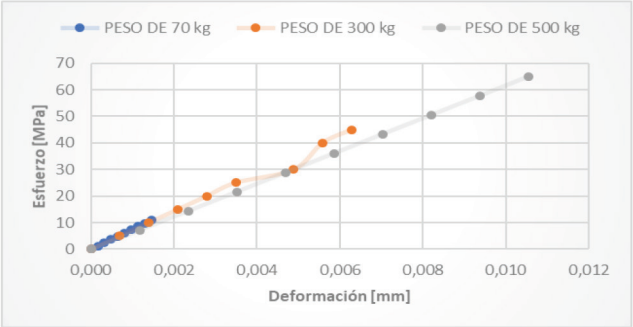


Figura 6 – Diagrama Esfuerzo Deformación comparativo entre los tres pesos

Se han analizado los desplazamientos y la distribución de esfuerzos en apoyo monopodal con la rodilla en extensión completa y a 0° observando que los desplazamientos obtenidos en la tibia son más notorios que en el fémur, aquí en esta parte al aplicar las tres cagas prácticamente el desplazamiento se mantuvo igual, lo que no sucedió en la tibia donde las variaciones son mayores. Ver Figura 6.

Hay que tomar en cuenta que el desplazamiento será diferente en función del ángulo de flexión de la rodilla, manteniendo las condiciones de apoyo y la distribución de cargas. Por ejemplo, se pudo apreciar que, en el caso de extensión completa, que se presenta en el presente proyecto, en el análisis de las tres cargas, el fémur tiende a desplazarse hacia la posición anterior, lo cual produce un mayor trabajo para los ligamentos cruzados. Si se produjera una flexión de la rodilla por ejemplo unos 10° de flexión, el fémur tiende a desplazarse hacia atrás, generando mayor trabajo tanto para los cuádriceps como para el tendón rotuliano.

Con respecto a las tensiones producidas en el tejido óseo, la distribución de esfuerzos es más uniforme, aunque se puede apreciar que la mayor concentración de los mismos se presenta en la cabeza femoral. Hay tener en cuenta que la distribución de tensiones en la rodilla se transmite del fémur a la tibia por medio de los meniscos, de manera que la superficie de contacto de los cóndilos femorales sea la máxima posible.

7. Conclusiones

La simulación por elementos finitos permitió establecer las zonas en donde existe la mayor concentración de esfuerzos que se encuentran tanto en la superficie rotular como en la eminencia intencordinal. El estudio realizado permitió establecer una metodología para la simulación del estudio de esfuerzos en la articulación de la rodilla por medio de una reconstrucción y refinamiento de la malla y de esta manera obtener resultados más precisos, también cabe mencionar que para un mejor resultado hay que coger una malla adecuada.

Los resultados del presente estudio indican que al comparar los valores de los desplazamientos estos no sufren una variación tan considerable a pesar de la variación

de las cargas que afectan a la rodilla. Según los datos obtenidos se establece que la rodilla está en la capacidad de soportar incluso hasta tres veces el peso de una persona cuando está en modo monopodal, pero de la misma manera esto es lo que crea daños en los meniscos y de igual manera a los músculos de las zonas laterales.

Agradecimientos: *Los autores agradecen a la Universidad Técnica de Ambato (UTA) y a la Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE) por su apoyo en la realización del proyecto "Metodologías para el diseño de Fog Computing y controladores Inteligentes basados en IEC 61499"*

Referencias

Abdallah, A. A., & Radwan, A. Y. (2011). Biomechanical changes accompanying unilateral and bilateral use of laterally wedged insoles with medial arch supports in patients with medial knee osteoarthritis. *Clinical Biomechanics*, *26*(7), 783-789. https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2011.03.013

Barreto Andrade, J., Villarroya-Aparicio, A., & Calero Morales, S. (2017). Biomecánica de la marcha atlética. Análisis cinemático de su desarrollo y comparación con la marcha normal. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, *36*(2), 53–69.

Beillas, P., Lee, S. W., Tashman, S., & Yang, K. H. (2007). Sensitivity of the tibiofemoral response to finite element modeling parameters. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, *10*(3), 209-221. https://doi.org/10.1080/10255840701283988

Butler, A. B., Caruntu, D. I., & Freeman, R. A. (2017). Knee Joint Biomechanics for Various Ambulatory Exercises Using Inverse Dynamics in OpenSim. *Volume 3: Biomedical and Biotechnology Engineering*. Presentado en ASME 2017 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Tampa, Florida, USA. https://doi.org/10.1115/IMECE2017-70988

Cheung, J. T.-M., & Zhang, M. (2005). A 3-dimensional finite element model of the human foot and ankle for insole design. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *86*(2), 353-358. https://doi.org/10.1016/j.apmr.2004.03.031

Cheung, J. T.-M., & Zhang, M. (2008). Parametric design of pressure-relieving foot orthosis using statistics-based finite element method. *Medical Engineering & Physics*, *30*(3), 269-277. https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2007.05.002

Cheung, J. T.-M., Zhang, M., Leung, A. K.-L., & Fan, Y.-B. (2005). Three-dimensional finite element analysis of the foot during standing—A material sensitivity study. *Journal of Biomechanics*, *38*(5), 1045-1054. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.05.035

Farrokhi, S., Keyak, J. H., & Powers, C. M. (2011). Individuals with patellofemoral pain exhibit greater patellofemoral joint stress: A finite element analysis study. *Osteoarthritis and Cartilage*, *19*(3), 287-294. https://doi.org/10.1016/j.joca.2010.12.001

Guess, T., Razu, S., & Jahandar, H. (2016). Evaluation of Knee Ligament Mechanics Using Computational Models. *Journal of Knee Surgery*, *29*(02), 126-137. https://doi.org/10.1055/s-0036-1571954

Hatano, G., Krzysztof, K., Sauer, P., & Morita, Y. (2019). Kinematic Simulator of e-Knee Robo that Reproduces Human Knee-Joint Movement. *2019 12th International Workshop on Robot Motion and Control (RoMoCo)*, 74-79. https://doi.org/10.1109/RoMoCo.2019.8787349

Kakihana, W., Akai, M., Yamasaki, N., Takashima, T., & Nakazawa, K. (2004). Changes of joint moments in the gait of normal subjects wearing laterally wedged insoles. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, *83*(4), 273-278.

Kerrigan, D. C., Lelas, J. L., Goggins, J., Merriman, G. J., Kaplan, R. J., & Felson, D. T. (2002). Effectiveness of a lateral-wedge insole on knee varus torque in patients with knee osteoarthritis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *83*(7), 889-893. https://doi.org/10.1053/apmr.2002.33225

Liu, X., & Zhang, M. (2013). Redistribution of knee stress using laterally wedged insole intervention: Finite element analysis of knee–ankle–foot complex. *Clinical Biomechanics*, *28*(1), 61-67. https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2012.10.004

Madeti, B. K., Chalamalasetti, S. R., & Bolla Pragada, S. K. S. siva rao. (2015). Biomechanics of knee joint—A review. *Frontiers of Mechanical Engineering*, *10*(2), 176-186. https://doi.org/10.1007/s11465-014-0306-x

Maly, M. R., Culham, E. G., & Costigan, P. A. (2002). Static and dynamic biomechanics of foot orthoses in people with medial compartment knee osteoarthritis. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, *17*(8), 603-610.

Naghibi Beidokhti, H., Janssen, D., van de Groes, S., Hazrati, J., Van den Boogaard, T., & Verdonschot, N. (2017). The influence of ligament modelling strategies on the predictive capability of finite element models of the human knee joint. *Journal of Biomechanics*, *65*, 1-11. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2017.08.030

Peña, E., Calvo, B., Martínez, M. A., & Doblaré, M. (2006). A three-dimensional finite element analysis of the combined behavior of ligaments and menisci in the healthy human knee joint. *Journal of Biomechanics*, *39*(9), 1686-1701. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2005.04.030

Ramaniraka, N. A., Terrier, A., Theumann, N., & Siegrist, O. (2005). Effects of the posterior cruciate ligament reconstruction on the biomechanics of the knee joint: A finite element analysis. *Clinical Biomechanics*, *20*(4), 434-442. https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2004.11.014

Räsänen, L. P., Mononen, M. E., Lammentausta, E., Nieminen, M. T., Jurvelin, J. S., & Korhonen, R. K. (2016). Three dimensional patient-specific collagen architecture modulates cartilage responses in the knee joint during gait. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, *19*(11), 1225-1240. https://doi.org/10.1080/10255842.2015.1124269

Scherer, T. P., Hoechel, S., Müller-Gerbl, M., & Nowakowski, A. M. (2019). Comparison of knee joint orientation in clinically versus biomechanically aligned computed tomography coordinate system. *Journal of Orthopaedic Translation*, *16*, 78-84. https://doi.org/10.1016/j.jot.2018.07.005

Shirazi, R., & Shirazi-Adl, A. (2009). Computational biomechanics of articular cartilage of human knee joint: Effect of osteochondral defects. *Journal of Biomechanics*, *42*(15), 2458-2465. https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2009.07.022

Valencia-Aguirre, F., Mejía-Echeverria, C., & Erazo-Arteaga, V. (2017). Desarrollo de una prótesis de rodilla para amputaciones transfemorales usando herramientas computacionales. CAD-CAE-CAM. *Revista UIS Ingenierías*, *16*(2), 23–34.

Victor, J. (2017). Kinematics of the Normal Native Knee. En S. Matsuda, S. Lustig, & W. van der Merwe (Eds.), *Soft Tissue Balancing in Total Knee Arthroplasty* (pp. 29-37). https://doi.org/10.1007/978-3-662-54082-4_3

Wang, J., Ye, M., Liu, Z., & Wang, C. (2009). Precision of cortical bone reconstruction based on 3D CT scans. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, *33*(3), 235-241. https://doi.org/10.1016/j.compmedimag.2009.01.001

Yu, J., Cheung, J. T.-M., Fan, Y., Zhang, Y., Leung, A. K.-L., & Zhang, M. (2008). Development of a finite element model of female foot for high-heeled shoe design. *Clinical Biomechanics*, *23*, S31-S38. https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2007.09.005

Zhang, R., Liu, H., Meng, F., Ming, A., & Huang, Q. (2018). Cylindrical Inverted Pendulum Model for Three Dimensional Bipedal Walking. *2018 IEEE-RAS 18th International Conference on Humanoid Robots (Humanoids)*, 1010-1016. https://doi.org/10.1109/HUMANOIDS.2018.8624984

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 13/10/2019
Aceitação/Acceptance: 22/12/2019

Implementación y evaluación de la transformada Wavelet 2-D À trous usando Phyton y Matlab para la fusión de Imágenes Satelitales WorldView-2

Javier Medina[1], Oscar Ardila[2], Erika Upegui[3]

rmedina@udistrital.edu.co, oardila@unal.es.co, esupeguic@udistrital.edu.co

[1-3] Proyecto Curricular Ingeniería Catastral y Geodesia, Facultad de ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJC). Carrera 7 No. 40B - 53. 110231, Bogotá D. C., Colombia.

[2] Proyecto Curricular Maestría en Ingeniería Agricola, Facultad de ingeniería, Universidad Nacional de Colombia (UN). Sede principal: Carrera 45 # 26-85. Bogotá D. C., Colombia.

Pages: 704–717

Resumen: En este artículo se desarrolla el algoritmo matemático de la Transformada de Wavelet 2-D no decimada (Algoritmo de *"Á trous"*) para la fusión de imágenes de satélite. En el artículo tres temáticas importantes son abordadas, la primera temática corresponde a una introducción matemática para implementar la fusión de imágenes usando la transformada de Wavelet "*À trous*". La segunda temática corresponde a la implementación del desarrollo matemático de la Transformada de Wavelet 2-D usando el software libre Python y el software privativo Matlab, usando una imagen satelital WorldView-2. La tercera temática se dedica a la evaluación con el fin de determinar la eficiencia de la Transformada de Wavelet "*À trous*". Las dos imágenes fusionadas resultantes fueron evaluadas tanto en calidad espacial como espectral a través de cuatro índices, a saber: el coeficiente de correlación, el índice RASE, el índice ERGAS, y el índice de calidad universal *Qu*. Los mejores resultados de la evaluación fueron obtenidos con la imagen fusionada con el algoritmo *"À trous"* implementada en Matlab la cual preserva la riqueza espectral y mejora su calidad espacial.

Palabras-clave: À trous; Fusión de imágenes satelitales; Transformada de Wavelet; WorldView-2.

Implementation and evaluation of the Wavelet 2-D À trous transform using Phyton and Matlab for the fusion of WorldView-2 Satellite Images

***Abstract*:** This article develops the mathematical algorithm of the Wavelet 2-D Transform not decimated (À trous algorithm) for the fusion of satellite images. Throughout the article three important themes are addressed, the first theme corresponds to the mathematical detail to implement the fusion of images using the Wavelet À trous transform; and the second theme to the implementation of the mathematical development of the Wavelet 2-D Transform using free and

proprietary Python and Matlab software respectively, using a WorldView-2 satellite image. And the third in order to determine the efficiency of the Wavelet À trous Transform. The two resulting images were evaluated in both spatial and spectral quality through four indices. The best results of the evaluation were obtained with the image fused with the À trous algorithm implemented in Matlab which preserves the spectral richness and improves its spatial quality.

Keywords: À trous; Satellite-Image Fusion; Wavelet Transforms; WorldView-2.

1. Introducción

La fusión es una respuesta a la frecuente necesidad de procesar imágenes de satélite que necesitan tener en una sola imagen datos de alta resolución espectral (imágenes multiespectrales) y alta resolución espacial (imágenes pancromáticas) provenientes del mismo sensor o de diferentes sensores remotos, para que sean un soporte más efectivo en la toma de decisiones (Pohl & Van Genderen, 2015; Ghassemian, 2016; Liu et al., 2018). Con la fusión se obtiene información detallada sobre el medio ambiente urbano y rural, útil para muchas aplicaciones específicas como el ordenamiento territorial, la agricultura, los planes de manejo ambiental, entre otros. Los procedimientos convencionales de fusión de imágenes están basados en diferentes métodos, tales como la transformación RGB a IHS, Brovey, Multiplicación, Componentes principales, entre otros. Estos métodos no son completamente satisfactorios debido a que degradan la información espectral mientras ganan información espacial. Lo anterior ha promovido, en los últimos años, la experimentación de diferentes procedimientos que usan la transformada de Wavelet en dos dimensiones, dado que degradan en menor valor la riqueza espectral de las imágenes originales multiespectrales (Burrus, Gopinath & Guo, 1998; Nievergelt, 1999; Misiti, et al., 1996; Alparone, et al., 2007; Nikolakopoulos, 2008; Chen et al., 2012) mejorando la resolución espacial. Basados en las investigaciones donde se demuestra que la transformada de Wavelet mejora los resultados de la fusión de imágenes satelitales (Nuñez, et al., 1999; Medina, Joyanes & Pinilla, 2013; Aymaz & Köse, 2019) el aporte significativo de la implementación de la Transformada de Wavelet "*Á trous*" para la fusión de imágenes satelitales permite generar mejores imágenes fusionadas gracias a la forma en que se obtienen los coeficientes resultantes de la transformación, obteniendo así los planos wavelet que obtienen mayor información espacial y espectral de las imágenes originales (Chibani, 2006; Chen, 2008, Seal, Bhattacharjee & Nasipuri, 2016; Imani, 2019).

Este trabajo se centra en tres aspectos principales. El primero es una introducción matemática de la Transformada de Wavelet "*À trous*". El segundo se encarga de la implementación de la metodología para la fusión de imágenes satelitales usando la Transformada Wavelet algoritmo de "*À trous*", en los softwares Matlab y Python. El tercero hace referencia a la comprobación de su rendimiento de las implementaciones. La evaluación se realiza comparando el rendimiento de la Transformada Wavelet "*À trous*" implementada para la fusión de imágenes del satélite Wordview-2. La evaluación cualitativa de estas dos imágenes fusionadas obtenidas a través de la Wavelet "*Á trous*", se realiza con cuatro índices, específicamente, el coeficiente de correlación, el índice RASE, el índice ERGAS, y el índice de calidad universal Qu .

2. Transformada Wavelet 2-D

Una Wavelet es una señal oscilatoria de corta duración cuya energía es finita y se encuentra concentrada en un determinado intervalo de tiempo. Las Wavelet son funciones matemáticas que se utilizan para aproximar los datos y se adaptan a diferentes áreas del conocimiento, incluyendo la geología, la sísmica, la mecánica cuántica, entre otras; al igual que en diferentes aplicaciones, entre ellas, la huella digital, el reconocimiento facial, la compresión de datos, la predicción de terremotos, la discriminación del habla, y la visión humana. Recientemente, las Wavelet se han utilizado en el procesamiento digital de imágenes en diferentes aplicaciones entre las cuales se encuentran la fusión de imágenes satelitales (Nuñez, 1999; Mallat, 1996; Medina & Lizarazo, 2004; Chibani, 2006; Liu, 2018; Chen et al., 2012; Imani, 2019), por lo que diferentes investigaciones se han centrado en conocer la efectividad de esta aplicación.

En este trabajo, se presenta una nueva aproximación a la fusión de imágenes mediante el algoritmo Wavelet "*À trous*", que establece objetivamente el grado de compromiso entre la calidad espectral y espacial de la imagen resultante mediante curvas características. Estas curvas representan conjuntamente índices de calidad espacial y espectral.

2.1. Algoritmo de *"À trous"* para la fusión de imágenes satelitales

Diversos trabajos han demostrado que las transformadas de wavelet redundantes o no decimadas, proporcionan mejores resultados en determinadas aplicaciones de procesado de imágenes, como son eliminación de ruido (Mallat, 1996) o clasificación de texturas y más recientemente en el caso de la fusión de imágenes (Nuñez, Otazu, et al., 1999, Chibani, Houacine, 2003; González-Audicana et al., 2005; Chen et al., 2008; Seal, Bhattacharjee & Nasipuri, 2016). En cuanto a la fusión de imágenes, se ha demostrad que el uso del algoritmo "*Á trous*" proporciona mejores resultados que el uso de algoritmo de Mallat (González-Audicana et al., 2005).

El algoritmo basado en la transformada de wavelet calculada mediante el algoritmo de cavidades o con huecos (*à trous*, en francés), que tiene dos diferencias fundamentales respecto a los algoritmos de tipo piramidal (Dutilleux, 1987). Por un lado, es independiente de la direccionalidad del proceso de filtrado (filtrado isotrópico) y por otro es redundante, en el sentido que, entre dos niveles de degradación consecutivos, no existe una compresión espacial diádica de la imagen original. En la Figura 1 es posible observar una representación proceso de degradación de una imagen, utilizando un del algoritmo de tipo no decimado.

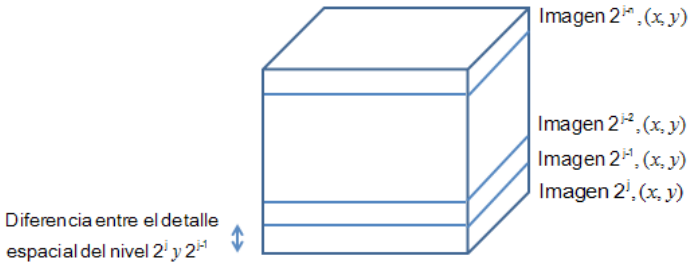


Figura 1 – Algoritmo tipo no decimado
Fuente: González-Audicana et al, 2005

En este caso, el esquema de descomposición de imágenes se representa con un paralelepípedo. La base de éste es también la imagen original A_{2^j} de resolución 2^j de C columnas y F filas. Cada nivel del paralelepípedo es una imagen aproximación de la imagen original. Conforme se asciende de nivel, las sucesivas aproximaciones presentan menor resolución, siendo ésta de 2^N en el nivel N del paralelepípedo ya que también en este caso el factor de degradación es diádico. Cada una de las imágenes aproximación se obtiene A_{2^j} aplicando una función de escala. El detalle espacial que se pierde al pasar de la imagen A_{2^j} a $A_{2^{j-1}}$ se recoge en una única imagen de coeficientes wavelet, $w_{2^{j-1}}$ frecuentemente denominada plano wavelet y que se obtiene restando las imágenes original y aproximación. Cuando se aplica la transformación inversa, la imagen aproximación A_{2^j} puede reconstruirse sumando a la imagen aproximación $A_{2^{j-1}}$ el plano wavelet $w_{2^{j-1}}$. El algoritmo "*À trous"* es invariante a la traslación por lo que todas las imágenes aproximación y todos los planos wavelet resultantes de la descomposición tienen el mismo tamaño que la imagen original. La implementación práctica del algoritmo "*À trous"* se realiza empleando un filtro bidimensional de paso bajo asociado a la función de escala, en este caso, una función spline bi-cúbica. "*À trous"* es no-ortogonal, lo implica que un determinado plano wavelet $w_{2^{j-1}}$ para una escala 2^{j-1}, puede retener información de la escala vecina 2^j.

3. Materiales y Métodos

La fusión se realiza con una imagen WorldView-2 verdadero color (composición RGB) y una imagen pancromática del mismo sensor. La imagen pancromática sirve como referencia de la resolución espacial de mayor detalle. La implementación se realiza tanto usando Matlab como usando Python. Se empleó como herramienta tecnológica un computador portátil cuyas principales especificaciones son; un procesador Intel Core i7-3537UCPU@ 2.00GHz 2.50 GHz, 8 GB de memoria RAM y una tarjeta gráfica Nvidia Geoforce 720M de 2GB de memoria.

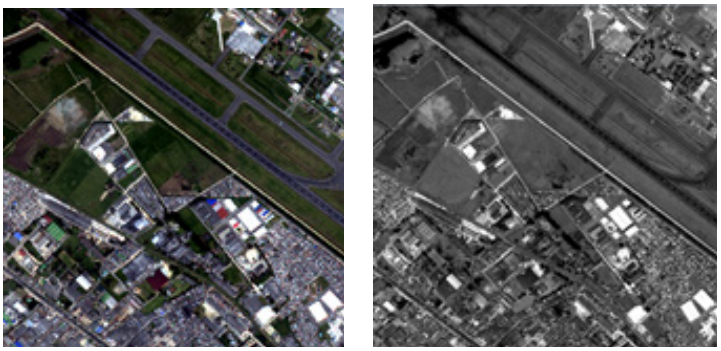
Matlab (MATrix LABoratory) es un sistema de cómputo numérico que ofrece un entorno de desarrollo integrado con un lenguaje de programación propio. Está disponible para las plataformas Unix, Windows, Mac OS X y GNU/Linux. El paquete Matlab dispone de dos herramientas adicionales que expanden sus prestaciones, a saber, Simulink (plataforma de simulación multidominio) y GUIDE (editor de interfaces de usuario - GUI). Además, se pueden ampliar las capacidades de Matlab con las cajas de herramientas (toolboxes); y las de Simulink con los paquetes de bloques (blocksets).

Por su parte, Python es un lenguaje de programación interpretado, multiparadigma, soporta orientación a objetos, programación imperativa y, programación funcional. Python cuenta con un conjunto de librerías enfocadas al cómputo científico altamente adaptadas y optimizadas, Módulos como numpy, para el manejo de matrices y arreglos numéricos multidimensionales, así como también scipy que cuenta con un conjunto de herramientas para el procesamiento de señales y algebra lineal, además python cuenta con módulos para el procesamiento de imágenes como PIL (Python Imaging Library) así como también el módulo exifread empleados para extraer metadatos Exif de archivos tiff y jpeg. La versatilidad que python contempla a la hora de manipular la transferencia de información entre funcionalidades de sus módulos, la calidad del desarrollo de sus

herramientas y la facilidad con que se pueden manipular la información entre los datos producidos por módulo lo hacen el mejor candidato para cumplir con los objetivos esperados del desarrollo de este algoritmo para la fusión de imágenes. El software desarrollado con python además de contemplar los módulos antes mencionados, soporta su interfaz gráfica bajo el desarrollo con el módulo Django, un framework de desarrollo web.

3.1. Zona de Estudio

El área de estudio se localiza en Bogotá (Colombia), específicamente en el sector nor-occidental y corresponde a una zona cubierta por una sub imagen WorldView-2 tanto pancromática (PAN) como multiespectral (MULTI). La sub imagen PAN tiene una resolución espacial de cero punto cinco (0.5) metros, y fue tomada el 13 de diciembre de 2009; su sistema de referencia corresponde a UTM/WGS 84. La sub imagen MULTI cuenta con ocho canales, pero solo tres canales son usados en esta investigación (R-rojo, G-verde y B-azul) y tiene una resolución espacial de dos (2) metros; fue adquirida la misma fecha que la PAN y tiene el mismo sistema de referencia. Las dos imágenes fueron recortadas con un ancho de 4096 y de alto 4096 pixeles (figura 2), para satisfacer la propiedad Diádica (Nievergelt, 1999; Nuñez, Otazu, Fors, Prades, Pala, & Arbiol, 1999).



a) b)

Figura 2 – a) Sub imagen MULTI y b) sub imagen PAN de tamaño 4096x4096.

3.2. Implementación de la Transformada Wavelet algoritmomo de "Á trous" para la fusión de imágenes WorldView-2 usando Matlab y Python

Sintéticamente y como resultado de esta investigación se proponen cinco pasos para la implementación de la transformada Wavelet algoritmo de *"Á trous"* (TWA) para la fusión de imágenes satelitales WorldView-2, generando dos planos wavelet (figura 3). Este proceso se realiza de la misma manera tanto en el software Matlab como en el software Python; además puede aplicarse a cualquier tipo de imagen a fusionar.

Paso 1. Registrar una composición a color RGB (verdadero color) de la imagen MULTI con la imagen PAN, usando el mismo tamaño de píxel de esta última (0.5 metros).

Transformar la imagen RGB en componentes IHS (Intensidad, Tono y Saturación). Se iguala el histograma de la imagen PAN al del componente I para obtener Pan-I.

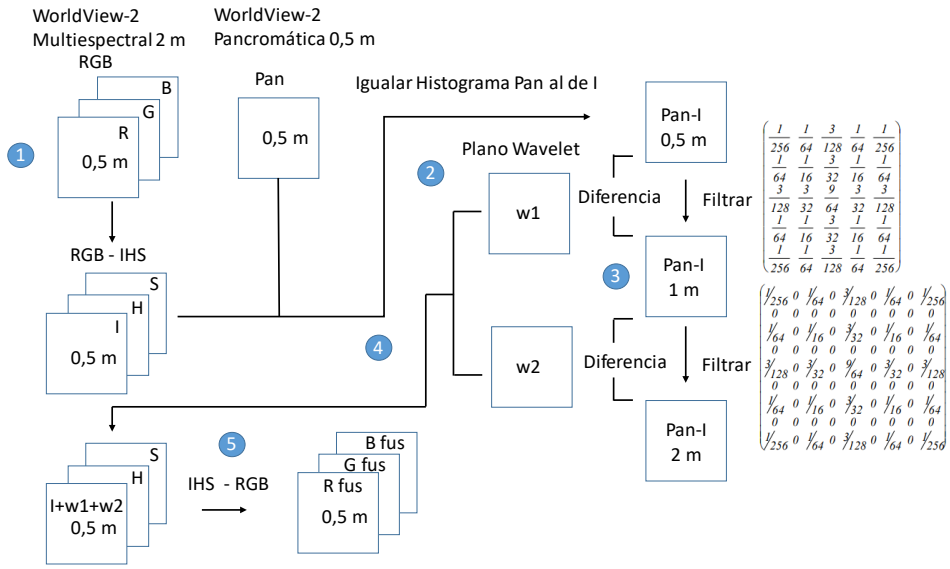


Figura 3 – Diagrama del proceso de fusión de imágenes usando TWA
Fuente: Adaptado de González-Audicana et al, 2005

Paso 2. Aplicar el concepto de TWA (Transformada Wavelet algoritmo de "*Á trous*") a Pan-I, con el filtro bidimensional de paso bajo 5x5, asociado a la función de escala, en este caso, una función spline bi-cúbica. El primer plano wavelet (w1) que se obtiene de realizar la diferencia entre el Pan-I y el resultado de la aplicación del filtro.

Paso 3. Aplicar, de manera similar que, en el paso anterior, el concepto de la TWA a la imagen Pan-I, con el filtro bidimensional de paso bajo 9x9, asociado a la función de escala, en este caso, una spline bi-cúbica. De la misma manera que en el paso anterior, el segundo plano wavelet (w2) se obtiene de una diferencia, esta vez entre la matriz resultante de la aplicación del filtro anterior (5x5) y la aplicación de este nuevo filtro (9x9)

Paso 4. Generar una nueva matriz a partir de la suma de los dos planos wavelet y la componente I, para obtener la nueva componente intensidad (N-INT), que corresponde a: N-INT= I+w1+w2.

Paso 5. Generar una nueva composición IHS (N-IHS), uniendo la N-INT junto con las componentes originales H y S (obtenidas en el paso 1). Realizar la transformación IHS a RGB, usando la nueva composición N-IHS. De esta manera se obtiene la nueva imagen multiespectral (Rfus, Gfus, Bfus), que mantiene la resolución espectral ganando así la resolución espacial.

3.3. Evaluación de la efectividad de la implementación de la Transformada Wavelet "*Á trous*" para la fusión de imágenes

Para la evaluación y análisis de los resultados de las imágenes fusionadas usando la TWA implementadas tanto en Matlab como en Python, se utilizaron los siguientes índices: coeficiente de correlación (corr), índice RASE, índice ERGAS e índice de calidad universal Q, los cuales se describen a continuación.

1. Coeficiente de correlación (corr)

La correlación entre las diferentes bandas de las imágenes fusionadas y las bandas de la imagen original se pueden calcular con ecuación 1:

$$corr(A/B) = \frac{\sum_{j=1}^{npix}\left(A_j - \bar{A}\right)\left(B_J - \bar{B}\right)}{\sqrt{\sum_{j=1}^{npix}\left(A_j - \bar{A}\right)\sum_{j=1}^{npix}\left(B_j - \bar{B}\right)}} \quad (1)$$

Donde $\bar{A}$ y $\bar{B}$ son los valores de la media de las imágenes correspondientes, $corr(A/B)$ se llama coeficiente de correlación y varía entre –1 y +1. Se usan los signos + y – para las correlaciones positivas y negativas, respectivamente. Nótese que $corr(A/B)$ es una cantidad adimensional, es decir no depende de las unidades empleadas. El valor ideal de la correlación, tanto espectral como espacial, es 1.

2. Índice ERGAS

La evaluación de la calidad de las imágenes fusionadas se ha llevado a cabo mediante los índices ERGAS espectral y espacial. La definición de ERGAS espectral (del francés *Erreur Relative Globale Adimensionallede Synthèse*) (Wald, 2002) viene dada por la ecuación 2:

$$ERGAS_{Espectral} = 100\frac{h}{l}\sqrt{\frac{1}{N_{Bandas}}\sum_{i=1}^{N_{Bandas}}\left[\frac{(RMSE_{Espectral}(Banda^i))^2}{(MULTI^i)^2}\right]} \quad (2)$$

Donde h y l representan la resolución espacial de las imágenes PAN y $MULTI$; NBandas es el número de bandas de la imagen fusionada; $MULTI^i$ es el valor de la radiancia de la banda $i-ésima$ de imagen MULTI. RMSE será definida por la ecuación 3:

$$RMSE_{Espectral}(Banda^i) = \frac{1}{NP}\sqrt{\sum_{i=1}^{NP}(MULTI^i(j) - FUS^i(j))^2} \quad (3)$$

Siendo NP el número de píxeles de la imagen, $FUS^i(x,y)$. Adicionalmente, Lillo y su equipo (Lillo-Saavedra, Gonzalo, Arquero, & Martinez, 2005) proponen otro índice,

denominado $ERGAS_{Espacial}$ que está inspirado en el índice ERGAS espectral. El objetivo del índice $ERGAS_{Espacial}$ es evaluar la calidad espacial de las imágenes fusionadas, por lo que se define como mediante la ecuación 4:

$$ERGAS_{Espacial} = 100\frac{h}{l}\sqrt{\frac{1}{N_{Bandas}}\sum_{i=1}^{N_{Bandas}}\left[\frac{(RMSE_{Espacial}(Banda^i))^2}{(PAN^i)^2}\right]} \quad (4)$$

Donde $RMSE_{Espacial}$ es definido como sigue en la ecuación 5:

$$RMSE_{Espacial}(Banda^i) = \frac{1}{NP}\sqrt{\sum_{i=1}^{NP}(PAN^i(j) - FUS^i(j))^2} \quad (5)$$

Los mejores resultados de éstos índices (ERGAS espacial y espectral) se obtienen cuando es más cercano a cero.

3. Índice RASE

El índice RASE se expresa como un porcentaje (ecuación 6):

$$RASE = 100\frac{h}{l}\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{(RMSE(B_i))^2}{M_i^2}\right]} \quad (6)$$

Donde h es la resolución de la imagen de alta resolución especial (PAN) y l es la resolución de la imagen de baja resolución espacial (MULTI) (Wald, 2000). Los mejores resultados se obtienen cuanto el porcentaje está más cerca a cero.

4. Índice de calidad universal *Qu*

Este modelo de índice de calidad identifica cualquier distorsión como una combinación de tres factores: pérdida de correlación, distorsión de luminancia y contraste de distorsión (Wang & Bovink, 2002). El índice se obtiene con ecuación 7.

$$Q = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x\sigma_y}\cdot\frac{2\bar{x}\,\bar{y}}{\left(\bar{x}\right)^2+\left(\bar{y}\right)^2}\cdot\frac{2\sigma_x\sigma_y}{\sigma_x^2+\sigma_x^2} \quad (7)$$

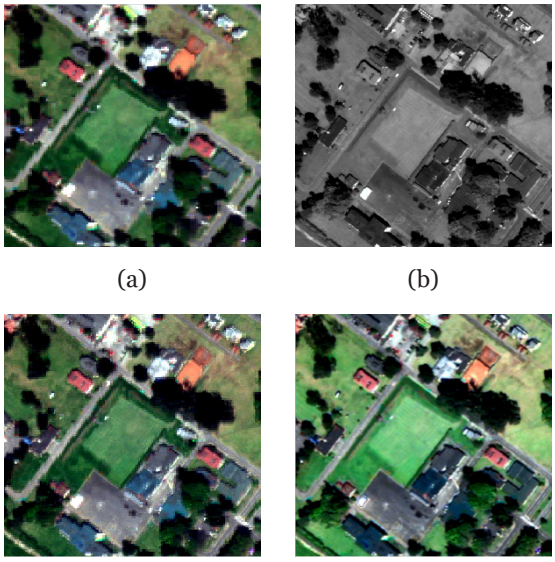
Los mejores valores de este índice se obtienen cuando el valor es más cercano a uno.

4. Resultados y análisis de resultados

Los resultados se presentan en un primer tiempo desde el punto de vista cualitativo, y posteriormente se presentan cuantitativamente.

4.1. Resultados cualitativos de la implementación de la TWA para la fusión de imágenes Wordview-2

La figura 4 muestra el resultado obtenido con la fusión de imágenes, usando tanto Matlab como Python, y muestra de referencia los insumos, a saber, tanto la imagen PAN como la imagen MULTI. En cuanto a la figura 5, muestra un detalle de las sub-escenas de las imágenes originales MULTI (figura 5a) y PAN (figura 5b), y su respectiva imagen fusionada con Matlab y Python. La imagen MULTI original no permite una correcta identificación de la demarcación de la pista, ni de la vía que rodea; de la misma manera tampoco permite una clara identificación del avión que se encuentra en el detalle, y que se visualizan claramente en la imagen PAN. De manera contraría la imagen PAN no permite visualizar los colores que se presentan en la zona con vegetación, ni las diferencias de tonalidad del pavimento que si son visibles en la imagen MULTI.

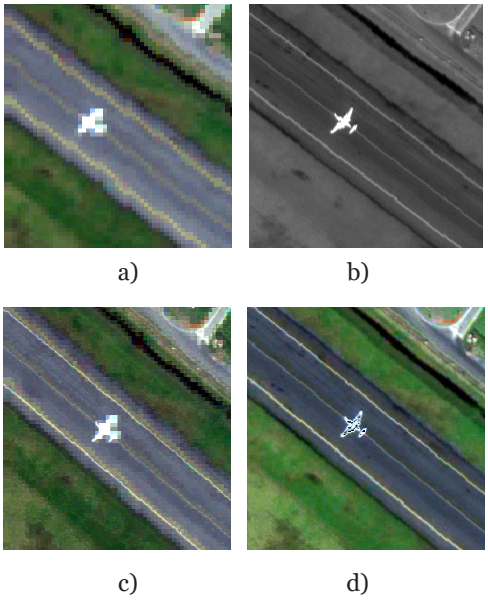


(a) (b)

(c) (d)

Figura 4 – a) Detalle de la sub-Imagen MULTI, b) Detalle de la sub-Imagen PAN, c) sub-imagen fusiona con TWA implementada en Matlab, d) sub-imagen fusiona con TWA implementada en Python.

Analizando las imágenes fusionadas mediante la TWA implementada en Matlab (figura 5c) y Python (figura y 5d) se puede discriminar de manera más clara el avión en las imágenes fusionadas con respecto a la imagen multiespectral (figura 5a)



a) b)

c) d)

Figura 5 – a) Detalle de la sub-Imagen MULTI, b) Detalle de la sub-Imagen PAN, c) Detalle de la sub-imagen fusiona con TWA usando Matlab, d) Detalle de la sub-imagen fusiona con TWA implementada en Python

4.2. Resultados cuantitativos de la implementación de la TWA para la fusión de imágenes Wordview-2

La evaluación de la efectividad de la implementación de la TWA para la fusión de imágenes Wordview-2, se presenta en las tablas del 1 al 3. La tabla 1 muestra los resultados de la correlación espacial y espectral de las imágenes fusionadas en Python y en Matlab.

Fusión de Imágenes por	**corr Espacial**			**corr Espectral**		
	R	**G**	**B**	**R**	**G**	**B**
Á Trous Matlab	***0.98***	***0.98***	**0.98**	**0.84**	**0.89**	**0.80**
Á Trous Python	*0.73*	*0.63*	0.72	0.72	0.77	0.71

Tabla 1 – Evaluación de la calidad cuantitativa de la imagen fusionada WorldView-2 a través de la correlación espacial y espectral.

Analizando los resultados de correlación tanto espacial como espectral se evidencia que los máximos valores se obtienen en cada uno de las tres bandas (RGB) para la imagen fusionada implementada en Matlab. Además, se observa una diferencia importante entre estos valores y los presentados por la imagen fusionada por Python, esto pasa

tanto en la corr Espacial (R= 0.98 vs 0.73, G= 0.98 vs 0.63, y B= 0.98 vs 0.72) como en la corr Espectral (R= 0.84 vs 0.72, G= 0.89 vs 0.77, y B= 0.80 vs 0.71), las diferencias de los valores obtenidas varían como máximo en 1.2.

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos usando los índices RASE; ERGAS espectral; y el índice de calidad universal Qu .

Fusión de Imágenes por	**ERGAS Espectral**	**RASE**	Qu
Á Trous Matlab	3.78	15.13%	0.98
Á Trous Python	25.06	99.02%	0.57

Tabla 2 – Evaluación de la calidad de la imagen fusionada WorldView-2 a través de los índices ERGAS Espacial, ERGAS Espectral, RASE, y de Calidad Universal Qu espectral.

En cuanto a la tabla 3 esta se ocupa de la evaluación de la calidad espacial de los mismos índices.

Fusión de Imágenes por	**ERGAS Espacial**	**RASE**	Qu
Á Trous Matlab	11.32	45.31%	0.76
Á Trous Python	20.81	83.27%	0.57

Tabla 3 – Evaluación de la calidad de la imagen fusionada WorldView-2 a través de los índices ERGAS Espacial, ERGAS Espacial, RASE, y de Calidad Universal Qu , espacial.

En cuanto a los valores obtenidos en la evaluación espectral, el valor de ERGAS más cercano a 1, es el obtenidos con la fusión realizada a través de Matlab. El porcentaje más cercano a cero del índice RASE, se obtiene igualmente con la misma implementación. Finalmente, para el valor del índice *Qu* el valor más cercano a 1 es el obtenido igualmente con Matlab. Comparando este valor de a *Qu* los obtenidos en otros trabajos, los valores comparables a los obtenidos en el trabajo de Seal, Bhattacharjee, & Nasipuri (2016), quienes obtuvieron valores similares de *Qu* con un máximo de 0.82. En lo que respecta el trabajo de Imani (2019), el valor máximo de *Qu* obtenido fue de 0.94. Los valores obtenidos en este trabajo para *Qu* espacial es de 0.76 mientras que para *Qu* espectral es de 0.98, lo que demuestra el buen desempeño para la implementación realizada por Matlab.

El comportamiento de los valores obtenidos en la evaluación espacial es similar que con los valores de la evaluación espectral. Los resultados presentados por el índice ERGAS tanto espacial como espectral favorecen a las imágenes fusionadas con la TWA implementada en Matlab. En lo que respecta el índice RASE, espectral y espacialmente, los valores obtenidos se comportan similarmente que los valores del ERGAS. Finalmente el índice de Calidad Universal Qu presenta el mejor valor en la imagen fusionada con TWA implementada en Matlab. Sin embargo, la diferencia con la generada con Python es de 0.19, y con respecto al análisis espectral es de 0.41

Los resultados evidencian un mejor desempeño de la implementación realizada en Matlab, esta herramienta es de uso privativo, pero esto no limita su escalabilidad en caso de querer implementar un servicio Web que permita la fusión en línea, como el realizado por Medina, Joyanes & Pinilla (2013). Igualmente, es posible crear un ejecutable de las rutinas implementadas para ejecutarse en cualquier otro equipo inclusive si este no cuenta con el Software licenciado, instalando únicamente el compilador de rutinas de Matlab (MCR), el cual es de uso libre.

De otra parte, este trabajo puede contribuir a los diferentes *benchmark* que buscan comparar el desempeño y la efectividad de los softwares Matlab versus Python (Hirsch 2016; Kouatchou, 2018) para experimentos específicos, en este caso la fusión de imágenes de satélite usando el algoritmo de "*á trous*".

5. Conclusiones

Las investigaciones realizadas anteriormente han demostrado que los métodos de fusión de imágenes basados en la Transformada de Wavelet algoritmo de "Á trous" son más adecuados para la fusión de imágenes que los métodos convencionales. La implementación propuesta del desarrollo matemático de la TWA permitió la fusión de imágenes satelitales WorldView-2.

Los resultados obtenidos del análisis cualitativo y cuantitativo demuestran que los mejores resultados de la imagen fusionada de imágenes usando la TWA se obtiene con la implementación en Matlab que visualmente ofrece mejores resultados que la implementación en Python, cuantitativamente los valores de los índices corr, ERGAS, RASE y *Qu* son altos y similares tanto espacial como espectralmente.

La metodología propuesta permite obtener imágenes fusionadas que ofrecen a los usuarios información detallada sobre los entornos urbanos y rurales, lo cual es útil para aplicaciones como la planificación y la gestión urbana. Su utilidad se extiende al desarrollo de proyectos en diversos campos como agricultura, hidrología, medioambiente y gestión de emergencias producidas por catástrofes naturales (inundaciones, incendios forestales), entre otros.

Referencias

Aymaz, S., & Köse, C. (2019). A novel image decomposition-based hybrid technique with super-resolution method for multi-focus image fusion. *Information Fusion*, 45, 113–127. doi:10.1016/j.inffus.2018.01.015

Alparone, L. Wald, L. Chanussoat, J. Thomas, C. Gamba, P. Bruce, L. (2007). Comparison of Pansharpening Algorithms: Outcome of the 2006 GRS-S Data Fusion Contest, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*.Vol. 45 No. 10. pp 3012-3021.

Burrus, C. S. Gopinath, R. A. and Guo, H. (1998). *Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms*. Prentice-Hall. 268p.

Chen F., Qin F., Peng G., Chen S., Fusion of remote sensing images using improved ica mergers based on wavelet decomposition, 2012 *International Workshop on Inform*.

Chen, S., Su, H., Zhang, R., & Tian, J. (2008). Fusing remote sensing images using à trous wavelet transform and empirical mode decomposition. *Pattern Recognition Letters*, 29(3), 330–342. doi:10.1016/j.patrec.2007.10.013

Chibani, Y. (2006). Additive integration of SAR features into multispectral SPOT images by means of the à trous wavelet decomposition. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 60(5), 306–314. doi:10.1016/j.isprsjprs.2006.05.001

Chibani, Y., Houacine, A. (2003) Redundant versus orthogonal Wavelet decomposition for multisensor image fusion, *Pattern Recognition*. Vol. 36., pp. 879-887.

Dutilleux, P. (1987). An implementation of the algorithm à trous to compute the Wavelet transform. *In Compt-rendus du congres ondulttes et methods temp-fréquence et espace des phase, Marseille*, Springer Verlag, pp 298-304.

Ghassemian, H. (2016). A review of remote sensing image fusion methods. *Information Fusion*, 32, 75–89. doi:10.1016/j.inffus.2016.03.003

González-Audicana, M. & Otazu, X. Fors, O. & Seco, A.. (2005). Comparison between Mallat's and the Atrous' discrete wavelet transform based algorithms for the fusion of multispectral and panchromatic images. *International Journal of Remote Sensing*. 26. 595-614. 10.1080/01431160512331314056.

Hirsch, M. (2016) Speed of Matlab vs. Python Numpy Numba CUDA vs Julia vs IDL, Disponible en (https://www.scivision.co/speed-of-matlab-vs-python-numpy-numba/)

Imani, M. (2019). Adaptive signal representation and multi-scale decomposition for panchromatic and multispectral image fusion. *Future Generation Computer Systems*, 99, 410–424. doi:10.1016/j.future.2019.05.004

Kouatchou, J. (2018) Basic Comparison of Python, Julia, R, Matlab and IDL, Disponible en (https://modelingguru.nasa.gov/docs/DOC-2625)

Lillo-Saavedra, M. Gonzalo, C. Arquero, A. and Martinez, E. (2005). Fusion of multispectral and panchromatic satellite sensor imagery based on tailored filtering in the Fourier domain. *International Journal of Remote Sensing*. Vol. 26, pp. 1263-1268.

Liu, Z., Blasch, E., Bhatnagar, G., John, V., Wu, W., & Blum, R. S. (2018). Fusing synergistic information from multi-sensor images: An overview from implementation to performance assessment. *Information Fusion*, 42, 127–145. doi:10.1016/j.inffus.2017.10.010

Mallat, S.(1996). Wavelets for a vision. *Proceedings of the IEEE*. Vol 84, Nº 4, pp 604-614.

Misiti M., Misiti Y., Oppenheim G., Poggi. J-M. (1996). *Wavelets toolbox For use with Matlab*, The Maht works Inc. 328 p.

Medina, J. Joyanes, L. Pinilla, C. (2010). Algoritmos Matemático para la fusión de imágenes satelitales. *V Simposio Internacional de Sistemas de Información e Ingeniería de Software en la Sociedad del Conocimiento*.

Medina, J. Pinilla, C. Joyanes, L. (2011). Reconstrucción de una señal sinusoidal y de una imagen sintética usando la transformada de Wavelet discreta. *LACCEI'2011,*. Medellin, Colombia. August 3-5, 2011.

Medina, J. Pinilla, C. Joyanes, L. (2013). Two-Dimensional Fast Haar Wavelet Transform for Satellite-Image Fusion, *Journal of Applied Remote Sensing*.

Medina, J. Joyanes, L. Pinilla, C. (2013). Aplicativo Web para la Fusión de Imágenes Satelitales, *RISTI*, Nº 11, pp- 17- 30. DOI: 10.4304/risti.11.17-30

Medina, J. Lizarazo, I. (2004). *Fusión de imágenes satelitales usando la transformada de Wavelet*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 218p.

Nievergelt, Y. (1999). *Wavelets made easy*. Ed Birkhäuser, Boston, 297 p.

Nikolakopoulos K. G., *Comparison of Nine Fusion Techniques for Very High Resolution Data*, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 74 (5) (2008) 647–659

Nuñez, J. Otazu, X. Fors, O. Prades, A. Pala, V. Arbiol, R. (1999). Multiresolution-Based Image fusion whit Additive Wavelet Descomposition. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. Vol 37, Nº. 3, pp 1204 -1211.

Pohl C., Van Genderen J. L., *Review Article, Structuring contemporary remote sensing image fusion*, International Journal of Image and Data Fusion, 6 (1) (2015) 3–21

Ranchin, T. & Wald, L.(2000). Fusion of high spatial and spectral resolution images: The ARSIS concept and its implementation, "*Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*", vol. 66. No. 1, pp. 49-61 2000.

Seal, A., Bhattacharjee, D., & Nasipuri, M. (2016). Human face recognition using random forest based fusion of à-trous wavelet transform coefficients from thermal and visible images. AEU - *International Journal of Electronics and Communications*, 70(8), 1041–1049. doi:10.1016/j.aeue.2016.04.016

Wald, L. (2000). Quality of high resolution synthesized images: is there a simple criterion?, *Proceedings of the third conference "Fusion of Earth data: merging point measurements, raster maps and remotely sensed image"*, pp. 26-28.

Wald, L. (2002).*Data Fusion, Definition and Architectures: "Fusion of Image of Different Spatial Resolution,"* Paris: Le Presses de l'École des Mines. 198p.

Wang, Z. Bovink, A. C. (2002). A Universal Image Quality Index. *IEEE Signal Processing Letters*, vol. XX, no Y.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 19/09/2019
Aceitação/Acceptance: 23/11/2019

Elementos de Gamificación en el Contexto de Ingeniería de Software

Liliana Machuca-Villegas[1,2], Gloria Piedad Gasca-Hurtado[2], Luz Marcela Restrepo Tamayo[2], Solbey Morillo Puente[2]

liliana.machuca@correounivalle.edu.co, gpgasca@udem.edu.co, lmrestrepo@udem.edu.co, smorillo@udem.edu.co

[1] Universidad del Valle, Calle 13 # 100-00, 760032, Cali, Valle del Cauca, Colombia.

[2] Universidad de Medellín, Carrera 87 No. 30-65, 50026, Medellín, Colombia.

Pages: 718–732

Resumen: El potencial de la gamificación en el contexto de la ingeniería de software se basa en la hipótesis de que puede ayudar a enfrentar los desafíos relacionados con el tratamiento de factores sociales y humanos. Algunos de estos desafíos influyen en el compromiso, la comunicación y la motivación de los equipos de desarrollo de software, con impacto en su productividad. Sin embargo, la gamificación es un área de investigación reciente. Por lo tanto, es necesario identificar elementos de gamificación esenciales para la construcción de estrategias de gamificación que ayuden a enfrentar dichos desafíos. En este trabajo se presenta un análisis de los elementos de gamificación, a partir de una revisión sistemática de literatura. El propósito es determinar elementos de gamificación potenciales a pertenecer a un catálogo. Se realiza la selección de elementos utilizando técnicas para identificar los patrones en los elementos de gamificación más utilizados en este contexto.

Palabras-clave: Gamificación; Elementos de gamificación; Ingeniería de Software; Productividad; Desarrollo de software.

Gamification Elements in Software Engineering Context

Abstract: The potential of gamification in the context of software engineering is based on the hypothesis that it can help to face the challenges related to the treatment of social and human factors. Some of these challenges influence the engagement, the communication and the motivation of software development teams, with an impact on their productivity. However, gamification is a recent research area. Therefore, it is necessary to identify essential gamification elements for the construction of gamification strategies that help to face these challenges. This paper presents an analysis of the gamification elements, based on a systematic literature review. The purpose is to determine viable gamification elements to belong to a catalog. The selection of elements is made using techniques to identify the patterns in the gamification elements most used in this context.

Keywords: Gamification; Gamification Elements; Software Engineering; Productivity; Software Development.

1. Introducción

El proceso de desarrollo de software enfrenta desafíos relacionados con el tratamiento de factores sociales y humanos (FSH) que influyen en el desempeño de los equipos de trabajo y su repercusión en el éxito de los proyectos de desarrollo de software. Esto como consecuencia de que el proceso de software se caracteriza por ser una actividad social regida por tareas centradas en los humanos (Yilmaz, 2013) (Amrit, Daneva, & Damian, 2014).

Ante este escenario y el interés por encarar dichos desafíos, surge la gamificación como una potencial herramienta para influir en el compromiso, la comunicación y la motivación de los equipos de trabajo en ingeniería de software (Pedreira, García, Brisaboa, & Piattini, 2015). Sin embargo, la gamificación es un área de investigación reciente. Por lo tanto, es necesario identificar elementos de gamificación para la construcción de estrategias que promuevan factores sociales y humanos e incidir en una mejora en el desempeño o en la productividad del equipo de trabajo (Machuca-Villegas & Gasca-Hurtado, 2019a).

En este artículo se presenta un análisis de los elementos de gamificación, a partir de la revisión sistemática de literatura (RSL)(Machuca-Villegas & Gasca-Hurtado, 2019c). Los elementos son estudiados en función de: i) su relación con las áreas de ingeniería de software, ii) los más predominantes, iii) su patrón de uso y iv) los resultados presentados en los estudios primarios. Desde las experiencias que reportan el uso de elementos de gamificación se puede extraer información útil tanto para la industria de software como para la academia. Esta información puede ayudar a plantear iniciativas de gamificación propias y personalizadas para promover la motivación, el compromiso y la colaboración entre sus participantes. Los resultados de este trabajo se suman a los presentados en (Machuca-Villegas & Gasca-Hurtado, 2019b).

También es necesario indicar que los resultados más relevantes de este trabajo constituyen la base para el diseño y construcción de un futuro catálogo de elementos de gamificación que reúna información desde el contexto de ingeniería de software.

El resto del artículo está estructurado así: en la sección 2, se presenta un resumen del marco teórico; en la sección 3, se describe la metodología y los resultados en cada fase; en la sección 4, se discuten los resultados; y, finalmente, en la sección 5 se presentan las conclusiones y el trabajo futuro.

2. Marco Teórico

2.1. Gamificación

La gamificación puede definirse como el uso de elementos de diseño de juegos en contextos de no juego (Deterding, Dixon, Khaled, & Nacke, 2011). Su esencia se enfoca en que los participantes encuentren diversión en las tareas que deben realizar (Werbach & Hunter, 2012). Desde un contexto empresarial, la gamificación puede usarse para mejorar la productividad dentro de una organización, fortaleciendo la innovación y el compañerismo dentro del equipo de trabajo. Así mismo, puede usarse para mejorar la relación con los clientes, dirigida entonces, hacia el cumplimiento de objetivos de mercadeo (Werbach & Hunter, 2012) .

Existen diferentes ámbitos en donde la gamificación está siendo aplicada, algunos de los más destacados son el comercio, la educación, la salud, los sistemas organizacionales, el trabajo, la innovación, entre otros. La intención de la gamificación es usar los elementos de juego seleccionados para lograr cambios en el comportamiento de un usuario, tales como un mayor compromiso, disfrute y motivación (Engedal, 2015).

2.2. Elementos de Gamificación

Los elementos de juego son herramientas a través de las cuales se construye un juego. Constituyen las piezas o partes que lo conforman. Desde el contexto de la gamificación, estos elementos están embebidos en las actividades que se desean gamificar, ya que la idea no es crear un juego completo sino usar algunos elementos para ser aplicados en el mundo real. De esta manera, se brinda más flexibilidad que un juego (Werbach & Hunter, 2012).

Existen diferentes enfoques de clasificación de los elementos de gamificación. Esto indica que no hay una clasificación de elementos de gamificación comúnmente definida y aceptada (Pedreira et al., 2015). (Souza, Veado, Teles, Figueiredo, & Costa, 2018) mencionan tres enfoques de clasificación de elementos de gamificación. El propuesto por (Deterding et al., 2011), en el que define cinco niveles de clasificación: i) patrones de diseño de interfaz del juego; ii) patrones y mecánicas de diseño de juego; iii) principios y heurísticas de diseño de juego; iv) modelos de juego y v) métodos de diseño del juego. El enfoque de (Zichermann & Cunningham, 2011) presenta el marco de trabajo MDA (Mechanics, Dynamics, Aesthetics). La propuesta de (Dicheva, Dichev, Agre, Angelova, & others, 2015) en el contexto de la educación presenta dos niveles de clasificación: i) mecánica del juego y ii) principios de diseño. Por otra parte, (Werbach & Hunter, 2012) distinguen tres categorías de elementos de gamificación: dinámicas, mecánicas y componentes.

Una lista de elementos de gamificación utilizados en el contexto de ingeniería de software se presenta en las siguientes secciones como parte de los resultados de este trabajo.

2.3. Factores sociales y humanos en el desarrollo de software

El desarrollo de software es considerado como una actividad centrada en las personas que no solo incluye aspectos de tipo técnico o tecnológico. El producto de software generado a partir de este proceso incorpora habilidades para la resolución de problemas, aspectos cognitivos e interacción social (Fernando Capretz, 2014). Bajo esta perspectiva, el factor social y humano juega un papel importante en la ingeniería de software, en cuyo caso puede influir en el desempeño del equipo de desarrollo. Los factores sociales y humanos pueden considerarse como características propias del ser humano que lo identifican en función de sus comportamientos desde una perspectiva social e individual (Cunha De Oliveira, 2017).

Existen trabajos orientados hacia el estudio de factores que influyen en la productividad del desarrollo de software. Estos trabajos presentan diferentes enfoques y clasificaciones de los factores, por ejemplo, (Wagner & Ruhe, 2008) muestran una lista de factores de productividad clasificados en dos categorías: factores técnicos y factores no técnicos (*soft*) y (Oliveira, Conte, Cristo, & Valentim, 2018) realizan una revisión terciaria acerca

de los factores que influyen en la productividad, clasificados en factores organizacionales y en factores humanos.

3. Metodología

La metodología que se llevó a cabo en esta investigación está compuesta por tres fases: 1) Parametrización del estudio, 2) Extracción de datos y 3) Tratamiento de elementos. Cada una de estas fases está descrita en términos de sus respectivas tareas que se describen en la Figura 1. La fase de parametrización del estudio consiste en establecer las preguntas de investigación que guían el proceso y elegir los estudios primarios. La segunda fase, donde se realiza el proceso de extracción de datos se basa en la revisión sistemática de literatura (Machuca-Villegas & Gasca-Hurtado, 2019c) conducida con anterioridad. En la fase de tratamiento de elementos de gamificación se realizan tareas asociadas a la clasificación y relación de elementos con: a) las áreas de ingeniería de software más representativas, b) los estudios primarios encontrados, c) la identificación de patrones de uso de los elementos de gamificación utilizando un dendograma y d) los resultados reportados en los estudios primarios.

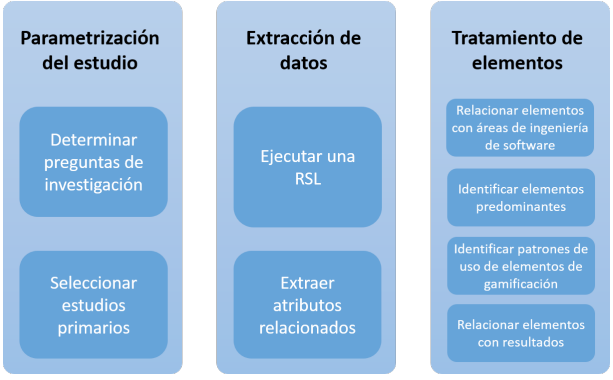


Figura 1 – Metodología de investigación

3.1. Parametrización del estudio

Esta fase inicia con la RSL (Machuca-Villegas & Gasca-Hurtado, 2019c), a partir de la cual se realiza un nuevo proceso de selección de estudios, aplicando nuevos criterios de exclusión (Tabla 1) con el propósito de identificar explícitamente la función de los elementos de gamificación y los resultados. De esta selección se obtienen 20 estudios primarios, la lista de ellos está disponible en el enlace https://drive.google.com/file/d/1KsHXNOYVq-POTlw_101tBOf-HH41foA4/view?usp=sharing.

ID	CRITERIO
CE1	Estudios que sean secundarios
CE2	Estudios cuya experiencia se implemente con juegos serios
CE3	Estudios en donde no hay suficiente información para identificar elementos de gamificación

ID	CRITERIO
CE4	Estudios cuyo objetivo está dirigido a la búsqueda de conceptos de gamificación y no a la presentación de alguna solución apoyada en ella.
CE5	Estudios con escasa claridad o presentación explícita de la aplicación/utilización de la gamificación

Tabla 1 – Criterios de exclusión de estudios

También se definen las siguientes preguntas de investigación que orientan el trabajo:

- PI1: ¿En qué áreas de ingeniería de software se reporta uso de elementos de gamificación?
- PI2: ¿Cuáles son los elementos de gamificación más destacados?
- PI3: ¿Cuáles son los patrones de uso de los elementos de gamificación?
- PI4: ¿Qué resultados se han obtenido con la aplicación de elementos de gamificación?

3.2. Extracción de datos

En esta fase, se extrae información relacionada con los elementos de gamificación como base para responder las preguntas de investigación y llevar a cabo el tratamiento de dichos elementos. Se continúa utilizando el formulario de extracción planteado en (Machuca-Villegas & Gasca-Hurtado, 2019c) y se adicionan nuevos atributos para el análisis de los elementos, tales como i) dificultad o problema identificado; ii) objetivo a alcanzar con el uso de la gamificación; iii) resultados de la implementación y iv) FSH (Factor Social y Humano) relacionado. En la Tabla 2 se presenta un ejemplo del formulario de extracción de datos utilizado en este trabajo de investigación.

ID	EP5
Título	Applying Gamification in the Context of Knowledge Management
Dificultades-problema	Disminución en la participación procesos de gestión del conocimiento
Elemento Gamificación	Puntos, insignias, tabla de posiciones
Objetivo a alcanzar con el elemento de gamificación	Mejorar la participación en procesos de gestión del conocimiento en empresas de desarrollo de software, por medio de la gamificación
Resultados de la implementación	Aumento de la participación y la colaboración del grupo de trabajo. Mejora en los tres factores (participación, colaboración y contribución).
FSH Relacionado	Participación / Colaboración / Contribución

Tabla 2 – Formulario de extracción

3.3. Tratamiento de elementos de gamificación

Esta fase tiene como objetivo analizar los datos y responder a los planteamientos de la investigación. Se utilizó la frecuencia de uso para la clasificación de los elementos de gamificación, así como el diagrama de Pareto para determinar los elementos más

utilizados. En el caso de la identificación de patrones de uso de los elementos de gamificación se aplicó la técnica de agrupamiento empleando el índice Jaccard. Este índice mide el grado de similitud entre datos binarios (Real & Vargas, 1996), que corresponden en este caso a los elementos de gamificación incluidos en los artículos.

A continuación, se describen los resultados en función de la clasificación y relación de elementos con: a) las áreas de ingeniería de software más representativas (PI1), b) los estudios primarios encontrados y los elementos predominantes (PI2), c) la identificación de patrones de uso de los elementos de gamificación utilizando un dendograma (PI3), y d) los resultados de los estudios primarios (PI4).

Relación de elementos de gamificación y la ingeniería de software

En la Tabla 3 se presenta una relación entre los elementos de gamificación y su frecuencia de uso en el contexto de ingeniería de software identificados en los estudios primarios.

Elemento	Contexto de gestión de proyectos de software o ingeniería de software							Frecuencia
	Riesgos	Seguimiento y control	Gestión del conocimiento	Proceso desarrollo de software	Requisitos de software	RH	Trazabilidad pruebas	
Restricciones	1							1
Emociones	1							1
Narración	1							1
Progresión	1			1		1		3
Relaciones	1			2				3
Retos	2			2	1	2	1	8
Opciones	1							1
Competición	2			1		1		4
Cooperación	1			1				2
Retroalimentación	2			3			1	6
Adquisición de recursos	1				1			2
Recompensas	1	1		1	2	3		8
Estados de victoria	1							1
Logros	1			2				3
Avatars	1				1	1	1	4
Combate	1							1
Desbloqueo de contenido	1							1
Tabla de posiciones	1		1	1	2	2		7
Niveles	2			3	1	2		8
Puntos	1	1	1	3	6	3	1	16
Gráficos	1							1
Misión o búsqueda	1					2		3

Elemento	Contexto de gestión de proyectos de software o ingeniería de software							Frecuencia
	Riesgos	Seguimiento y control	Gestión del conocimiento	Proceso desarrollo de software	Requisitos de software	RH	Trazabilidad pruebas	
Equipos	1				1			2
Bienes virtuales	1							1
Personalización	1							1
Propósito	1							1
Clasificaciones				1	1	1		3
Insignias	1		1	3	2	2		9
Tablero de control		1						1
Reputación							1	1
Tiempo invertido							1	1
Herramienta AUCD*					1			1
Roles					1			1
Exploración					1			1
Aprobaciones					1			1
Puntajes					2	1		3
Método 6 sombreros					1			1
Barra de progreso					2			2
Actividad					1			1
Incorporación					1	1		2
video de animación					1			1
Animación facial					1			1
Guion					1			1
Maestro de juego					1			1
Cuestionario					1			1
Cronómetro					1			1
Me gusta					1			1
Premio					1			1
Reglas claras						1		1
TOTAL	27	3	3	13	27	14		

Tabla 3 – Elementos de gamificación y contexto de ingeniería de software

Relación de elementos de gamificación identificados y estudios primarios

El principio de Pareto sugiere que, en muchos fenómenos, el 80% de las consecuencias es producido por el 20% de las causas (Dunford, Su, Tamang, & Wintour, 2014). Con esta definición es posible focalizar el análisis en aquellos aspectos más relevantes, y su representación gráfica es conocida con el nombre de Diagrama de Pareto. Enmarcado en este estudio, dicho diagrama permite identificar los elementos de gamificación más

utilizados en los estudios primarios (Figura 2). Los elementos que se agruparon en 'OTROS', con frecuencia igual a 1, son personalización, propósito, tablero de control, reputación, tiempo invertido, herramienta AUCD, roles, exploración, aprobaciones, método 6 sombreros, actividades, video animación, animación facial, guion, maestro de juego, cuestionario, cronómetro, me gusta, premio, y reglas claras.



Figura 2 – Elementos de gamificación predominantes

Patrones de elementos de gamificación

Los patrones de elementos de gamificación permiten la identificación de grupos de elementos más utilizados en estrategias de gamificación. El objetivo de la identificación de estos patrones es establecer los elementos potenciales a incluir en una estrategia de gamificación en el marco de la productividad de equipos de desarrollo de software. El propósito de este trabajo es identificar la relación de elementos más utilizados conjuntamente, para facilitar el diseño de estrategias de gamificación. Para este propósito, se ha generado un dendograma que sugiere los elementos relacionados en conjunto que deben ser parte de una estrategia de gamificación en virtud de su amplio uso y relación (Figura 3).

Elementos de gamificación y su relación con los resultados de los estudios primarios

De acuerdo con el propósito de la estrategia de gamificación planteada en los estudios primarios se identifican resultados tales como los presentados en la Tabla 4. Se destaca el uso de más de un elemento de gamificación en el diseño de las estrategias. En la Tabla

5 se presenta un ejemplo de una fracción del formato de extracción de datos, donde se registró la relación establecida entre resultados y elementos de gamificación.

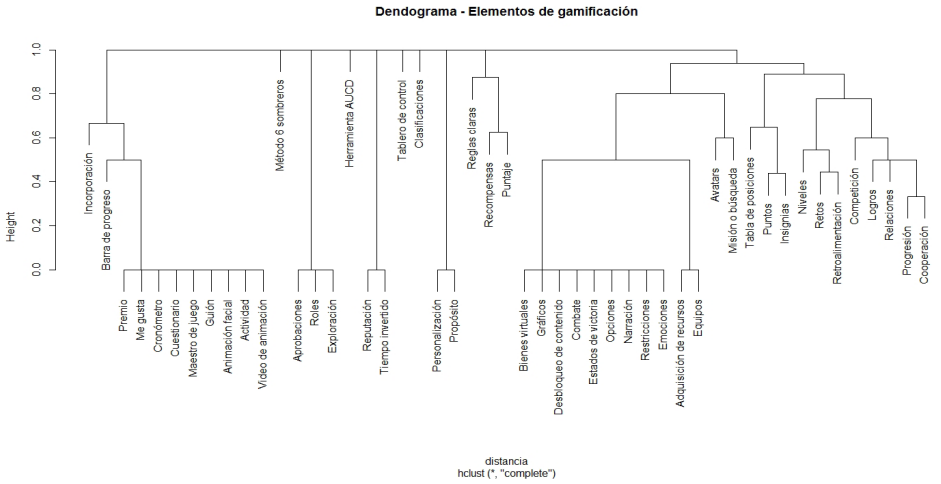


Figura 3 – Patrón de uso elementos de gamificación

ID	Resultado	FSH
R1	Incremento en la colaboración y participación de las actividades relacionadas con la elicitación de requisitos	Colaboración Participación
R2	Motiva en el desarrollo de actividades de elicitación de requisitos	Motivación
R3	Ayuda a identificar más requisitos	Desempeño Capacidad analista
R4	Mejora la productividad, calidad y creatividad en el proceso de elicitación de requisitos	Innovación Desempeño
R5	Incremento en la colaboración de las actividades relacionadas con la gestión de proyectos	Colaboración
R6	Adiciona diversión o hace la experiencia más agradable	Diversión Satisfacción
R7	Incremento en la velocidad del sprint	Desempeño
R8	Incremento en la participación, colaboración y contribución de actividades de gestión de conocimiento	Participación Colaboración
R9	Incremento en la motivación respecto a las actividades de SPI	Motivación
R10	Mejora el compromiso para el desarrollo de las tareas	Compromiso
R11	Motiva y orienta a los recién llegados a participar en el proyecto OSS	Motivación
R12	Mejora el cumplimiento/adopción de la convención de codificación	Capacidad Experiencia
R13	Mejora la productividad personal y organizacional	Desempeño
R14	Aumenta la motivación y el compromiso de los profesionales de software dentro del proceso.	Motivación Compromiso

ID	Resultado	FSH
R15	Aumento del compromiso y disposición de los participantes a utilizar las prácticas aprendidas	Compromiso
R16	Mejora el aprendizaje de estudiantes	Experiencia
R17	Manera divertida para aprender	Diversión
R18	Apertura para compartir el conocimiento de una manera divertida con los compañeros de trabajo	Compartir Conocimiento
R19	Motivación para adoptar buenas prácticas y herramientas	Motivación

Tabla 4 – Lista de resultados estudios primarios según su estrategia de gamificación y su relación con los FSH

Elemento	Resultados															
	R1	R2	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19
Progresión								1		1	1					
Relaciones	1			1	1			1								
Retos	2		1	1	1			1				1	1	1	1	
Competencia								1						1	1	
Cooperación								1								
Retroalimentación	1			1	1			1								
Adquisición de recursos		1			1											
Recompensas	1					1		1	1			1	1	1	1	
Logros								1								
Avatars	1		1							1	1					
Tabla de posiciones	1	1	1		1		1	1	1							1
Niveles	2		1	1	1											1
Puntos	4	2	1	1	2	1	1	1		1	1					1
Gráficos								1								
Misión o búsqueda										1	1					
Equipos		1			1											
Clasificaciones	2			1	1											
Insignias	2		1	1	1		1	1		1	1					1

Tabla 5 – Elementos de gamificación y su relación con los resultados de los estudios primarios

4. Discusión

Se han encontrado 49 elementos de gamificación (Tabla 3) los cuales constituyen herramientas para el diseño de estrategias dedicadas a enfrentar desafíos relacionados

con el tratamiento de factores sociales y humanos asociados a el compromiso, la comunicación y la motivación de los equipos de desarrollo de software. A continuación, se presentan los hallazgos.

4.1. Áreas de ingeniería de software asociadas con los elementos de gamificación

Los elementos de gamificación identificados han sido utilizados para el planteamiento de propuestas de gamificación en contextos de ingeniería de software (Tabla 3), tales como: la gestión de riesgos, el seguimiento y control de proyectos de software, la gestión del conocimiento, el ciclo de vida del proceso de desarrollo, los requisitos de software, los recursos humanos (RH) y las pruebas, en algunos casos orientados hacia ambientes académicos y otros hacia la industria de software. La mayoría de los trabajos se dirigen hacia la gestión de requisitos, la gestión de RH y hacia un enfoque general dentro del proceso de desarrollo de software. Aunque el área de gestión de riesgos tiene un valor predominante de elementos de gamificación utilizados en las propuestas realizadas, dichos estudios primarios se enfocan en la propuesta sin relevancia evidente de su implementación.

Desde la gestión de riesgos de software se plantea motivar a los estudiantes y ayudar en el logro de las metas de aprendizaje del curso, en tanto que los elementos mayormente empleados son retos, competición, retroalimentación y niveles. Respecto al seguimiento y control, se propone incentivar la entrega rápida de historias de usuarios al recompensar a los equipos para que terminen antes de cada iteración, empleando elementos como recompensas, puntos y tablero de control. De igual manera, en la gestión del conocimiento se pretende motivar la participación y colaboración del equipo de trabajo, usando puntos, insignias y tabla de posiciones.

A nivel general, desde el proceso de desarrollo de software los objetivos planteados están dirigidos hacia el incremento en la motivación y el compromiso de los participantes en las tareas del desarrollo de software, destacándose los elementos retroalimentación, niveles, puntos e insignias. En el caso de la elicitación de requisitos de software predomina mejorar la comunicación, la participación y la colaboración entre los participantes del proyecto, para tal fin, los elementos más utilizados son puntos, recompensas, tabla de posiciones, insignias, puntuación y barras de progreso.

Desde el plano de la gestión del recurso humano se persigue motivar y comprometer a estudiantes y desarrolladores en la adopción de prácticas y herramientas. También, se identifican objetivos de mejora asociados a la interacción social entre los integrantes del equipo y la promoción de actividades de entrenamiento, implementando elementos, tales como: retos, recompensas, tabla de posiciones, niveles, puntos, misión o búsqueda e insignias. Finalmente, desde el contexto de las pruebas se busca generar motivación en el desarrollo de las tareas de trazabilidad de prueba-código influyendo en el compromiso de los participantes. En esta área se han utilizado los elementos retos, retroalimentación, avatar, puntos, entre otros.

Por otra parte, el elemento de gamificación puntos es el más utilizado y empleado en todos los contextos de ingeniería de software identificados, seguido por insignias y niveles que aparecen en casi todas las áreas mencionadas (Tabla 3). Mientras que el

elemento tabla de posiciones se emplea con frecuencia en contextos como requisitos de software y gestión del recurso humano. De igual manera, aparecen frecuentemente utilizados retos y recompensas, siendo recompensas el más utilizado en la mayoría de los contextos estudiados. Por su parte, los retos se emplean particularmente en la gestión de riesgos, el proceso de desarrollo de software y en la gestión de RH. Adicionalmente, se identifican dos grupos de elementos que se utilizan de manera aislada. Por un lado, están elementos como: restricciones, emociones, narración y progresión usados en el contexto de gestión de riesgo. Por otro lado, elementos como: roles, puntuación, barras de progreso, actividad usados en el contexto de gestión de requisitos, entre otros.

4.2. Elementos de gamificación predominantes

El Diagrama de Pareto presentado en la Figura 2 indica que la mención de los elementos de gamificación identificados en los estudios primarios oscila entre 1 y 16 de los 49 elementos identificados. Se evidencia que 23 de dichos elementos representan el 79.53% de la frecuencia de utilización. Considerando que el propósito es identificar aquellos elementos más representativos en estudios de esta naturaleza, el elemento más frecuente es puntos con 16 ocurrencias, representando el 12.6%. A su vez, insignias ocupa la segunda posición con 9 ocurrencias (7.1%). Los elementos retos, recompensas y niveles tienen 8 ocurrencias cada uno, con un porcentaje de 6.3%. El elemento tabla de posiciones tiene 7 ocurrencias (5.5%) y el elemento retroalimentación tiene 6 (4.7%). Bajo este escenario, la atención de la investigación hacia los elementos de gamificación debería orientarse, principalmente, en el 79.53% de los elementos identificados. Estos elementos representan los más empleados en el contexto de ingeniería de software. Sin embargo, esto no significa que el 20% restante no serían considerados como elementos base para el catálogo.

4.3. Patrones de uso de los elementos de gamificación

El dendograma de la Figura 3, construido utilizando el índice de Jaccard, indica si los elementos son estudiados de manera conjunta en un mismo estudio primario. De esta manera, los elementos premio, me gusta, cronómetro, cuestionario, maestro del juego, guión, animación facial, actividad y video de animación, fueron utilizados solamente en una fuente primaria, al igual que los elementos aprobaciones, roles y exploración.

En el lado derecho del dendograma se relacionan los elementos más mencionados en los estudios primarios. De acuerdo con el diagrama de Pareto, los elementos más mencionados son puntos e insignias, los cuales se consideran de manera conjunta en nueve estudios, y por ello están en el mismo árbol en el dendograma. De la misma manera, los elementos niveles, retos y retroalimentación se consideran de manera conjunta en cuatro estudios, sin embargo, retos y retroalimentación se estudian de manera conjunta en un estudio más. Por su parte, los elementos competición, logros, relaciones, progresión y cooperación pertenecen al mismo árbol en el dendograma porque se consideran en dos estudios. Finalmente, los elementos *avatars* y misión o búsqueda, se consideran de manera conjunta en dos estudios.

De los resultados mencionados, se identifican tres grupos que constituyen los patrones predominantes. A partir de estos patrones se establecerá la base del catálogo de

elementos de gamificación y su aprovechamiento para la definición de estrategias de gamificación a partir de su compatibilidad.

4.4. Resultados de los estudios primarios y su relación con la aplicación de los elementos de gamificación

Desde el contexto de los resultados y su relación con los elementos de gamificación, se percibe una tendencia a motivar a los participantes en la realización de cualquier tipo de tarea, así como de influir en la participación y la colaboración en actividades de trabajo. Esta relación de elementos y resultados prevé una función de los elementos en situaciones específicas en el área de ingeniería de software, es decir, situaciones en donde un elemento de juego ha sido utilizado.

Con el fin de proyectar la función de elementos de gamificación hacia la promoción de FSH que influyen en la productividad del desarrollo de software, se pueden identificar FSH en el contexto de la gamificación (Tabla 4). Dentro de los FSH predominantes está la motivación, la colaboración y la participación en las diferentes actividades del proceso de desarrollo. Otros FSH que se logran identificar con menos dominio son el compromiso, el desempeño, la innovación, la experiencia, el compartir conocimiento y el factor relacionado con la diversión, rasgo intrínseco de la gamificación. Los FSH mencionados han sido promovidos en su gran mayoría por los elementos retos, recompensas, tabla de posiciones, puntos e insignias.

5. Conclusiones

Se identifica un conjunto de elementos de gamificación que pueden ser empleados en el diseño de un sistema gamificado, para cualquier contexto de la ingeniería de software, tanto a nivel educativo como industrial. Los resultados indican que hay una tendencia hacia la implementación de experiencias gamificadas en la gestión de requisitos y la gestión de RH principalmente.

Aunque los elementos puntos, insignias, retos, recompensas, niveles, tabla de posiciones y retroalimentación son los elementos más destacados, es necesario proponer el uso de otros elementos en el diseño de estrategias de gamificación con el fin proyectar mejores resultados. Además, es pertinente buscar la efectividad de su implementación.

Resultados acerca de la compatibilidad entre elementos de gamificación reflejan que la combinación de elementos PBL (Puntos, Insignias, Tabla de posiciones) sigue predominando aun cuando estos no son suficientes y se recomienda ir más allá de ellos (Werbach & Hunter, 2012).

Factores sociales y humanos como la motivación, la colaboración, la participación y el compromiso en las diferentes actividades del desarrollo de software se han encontrado dentro de los resultados de las estrategias implementadas en los estudios primarios. Se percibe la motivación como un factor transversal e inherente a desarrollarse en cualquier propuesta gamificada.

Los elementos de gamificación retos, recompensas, tabla de posiciones, puntos e insignias son candidatos a emplearse en la implementación de estrategias que promuevan FSH.

Finalmente, para dar continuidad a esta investigación se propone el diseño y construcción de un catálogo de elementos de gamificación utilizados en el contexto de ingeniería de software. Este catálogo podrá utilizarse en el contexto académico y empresarial como una guía descriptiva de elementos de gamificación para facilitar el proceso de selección de elementos en el diseño de una estrategia de gamificación.

Referencias

Amrit, C., Daneva, M., & Damian, D. (2014). Human factors in software development: On its underlying theories and the value of learning from related disciplines. A guest editorial introduction to the special issue. *Information and Software Technology*, *56*(12), 1537–1542. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2014.07.006

Cunha De Oliveira, E. C. (2017). Fatores de influência na produtividade dos desenvolvedores de organizaciones de software, (Figura 1), 0–99. https://doi.org/616.89-008.47:616-

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness. *Schriften Zur Soziotechnischen Integration, Band 3*, *15*(2), 2797. https://doi.org/10.1081/E-ELIS3-120043942

Dicheva, D., Dichev, C., Agre, G., Angelova, G., & others. (2015). Gamification in education: A systematic mapping study. *Educational Technology & Society*, *18*(3), 75–88.

Dunford, R., Su, Q., Tamang, E., & Wintour, A. (2014). The Pareto Principle. *The Plymouth Student Scientist*, *7*(1), 140–148.

Engedal, J. Ø. (2015). Gamification - a study of motivational affordances. *Department of Computer Science and Media Technology*, *1*, 81.

Fernando Capretz, L. (2014). Bringing the human factor to software engineering. *IEEE Software*, *31*(2), 0–2. https://doi.org/10.1109/MS.2014.30

Machuca-Villegas, L., & Gasca-Hurtado, G. P. (2019a). Aproximación de un modelo basado en gamificación para influir en la productividad de equipos de desarrollo de software Toward a Model based on Gamification to Influence the Productivity of Software Development Teams. In *CISTI 2019*.

Machuca-Villegas, L., & Gasca-Hurtado, G. P. (2019b). Estrategias de gamificación con fines de mejora de procesos software en la gestión de proyectos. *Revista Ibérica de Sistemas E Tecnologias de Informação*.

Machuca-Villegas, L., & Gasca-Hurtado, G. P. (2019c). Gamification for Improving Software Project Management Processes: A Systematic Literature Review. In J. Mejia, M. Muñoz, Á. Rocha, A. Peña, & M. Pérez-Cisneros (Eds.), *Trends and Applications in Software Engineering. CIMPS 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing* (pp. 41–54). Springer, Cham. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-01171-0_4

Oliveira, E., Conte, T., Cristo, M., & Valentim, N. (2018). Influence Factors in Software Productivity - A Tertiary Literature Review. *Proceedings of the 30th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering*, *2018*, 68–103. https://doi.org/10.18293/seke2018-149

Pedreira, O., García, F., Brisaboa, N., & Piattini, M. (2015). Gamification in software engineering - A systematic mapping. *Information and Software Technology*, *57*(1), 157–168. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2014.08.007

Real, R., & Vargas, J. M. (1996). The Probabilistic Basis of Jaccard â€™ s Index of Similarity The Probabilistic Basis of Jaccard â€™ s Index of Similarity. *Systematic Biology*, *45*(3), 380–385. https://doi.org/10.1093/sysbio/45.3.380

Souza, M. R. D. A., Veado, L., Teles, R., Figueiredo, E., & Costa, H. (2018). A systematic mapping study on game-related methods for software engineering education. *Information and Software Technology*, *95*(September 2017), 201–218. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2017.09.014

Wagner, S., & Ruhe, M. (2008). A Systematic Review of Productivity Factors in Software Development. *Software Productivity Analysis and Cost Estimation (SPACE 2008)*, 1–6. https://doi.org/10.1.1.149.5309

Werbach, K., & Hunter, D. (2012). *For the Win: How Game Thinking can Revolutionize your Business*. Philadelphia: Wharton Digital Press.

Yilmaz, M. (2013). *A Software Process Engineering Approach to Understanding Software Productivity and Team Personality Characteristics: An Empirical Investigation Murat*. https://doi.org/10.1145/291712.291759

Zichermann, G., & Cunningham, C. (2011). *Gamification by Design Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps* (First Edit). O'Reilly Media, Inc. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 15/09/2019
Aceitação/Acceptance: 10/11/2019

Modelo para el diseño organizacional basado en cualidades

Víctor Cornejo-Aparicio[1], Sidanelia Flores-Silva[1]

vcornejo@unsa.edu.pe, sidanelia33@gmail.com

[1] Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Av. Independencia S/N, Arequipa, Perú.

Pages: 733–750

Resumen: Toda institución tiene un orden jerárquico y divisional, con el cual establece la cadena de mando y la toma de decisiones, la problemática es como rediseñar y documentar el sistema organizacional, y al hacerlo que elementos se debe tomar en cuenta para guiar el trabajo que conduzca a este propósito. Este artículo muestra un modelo de composición de tres instrumentos: manual de organización, procedimientos y funciones, que deberán ser elaborados en función a cinco cualidades que debe cumplir una organización, solamente se tratara el mecanismo de su elaboración y su contraste con estas cualidades. Cabe destacar que para efectuar diversos trabajos como certificaciones de calidad, o construir sistemas de información, es muy útil tener el diseño organizacional documentado, de tal manera que se pueda identificar claramente los stakeholders y los procesos a intervenir; con la implementación de sistemas informáticos.

Palabras-clave: diseño organizacional, manual de organización, manual de procedimientos, manual de funciones, cualidades organizacionales.

Model for organizational design based on qualities

Abstract: Every institution has a hierarchical and divisional order, with which it establishes the chain of command and decision-making, the problem is how to redesign and document the organizational system, and in doing so what elements should be taken into account to guide the work that leads for this purpose This article shows a model of composition of three instruments: organization manual, procedures and functions, which must be developed according to five qualities that an organization must fulfill, only the mechanism of its elaboration and its contrast with these qualities will be discussed. It should be noted that in order to carry out various works such as quality certifications, or to build information systems, it is very useful to have the documented organizational design, so that the stakeholders and the processes to be intervened can be clearly identified; with the implementation of computer systems.

Keywords*:* organizational dising, organization manual, procedures manual, function's manual, organizational qualities.

1. Introducción

Las organizaciones son catalogadas desde diversas perspectivas (Cornejo 2014), estas pueden ser por su naturaleza, por su forma, y por su estructura, esta última es la que se emplea en el diseño organizacional (Daft 2011), en este aspecto se deben considerar los elementos que permite la gestión y otra es el rediseño o documentación, para esto es necesario definir el orden en el que la gestión establece la cadena de mando, y por ello hay que (1) dividir la carga de trabajo, (2) combinar las tareas en forma lógica y eficiente, (3) especificar quién depende de quién, y (4) establecer mecanismos para integrar las actividades (Valdivieso, 2019), sin embargo; toda acción e intensión en la gestión es atrapada en el tiempo, puede verse sus resultados en logros tangibles, sin embargo esto depende principalmente de capacidades individuales o liderazgo, cuya replica es complicado efectuar; en el entendido de querer lograr resultados iguales o superiores, esto no es posible y así lo define el benchmarking (Marciniak, 2017) y (Llorente, 2019), aun cuando se quiera emplear las buenas prácticas ajenas, y aprender de los errores ajenos, el contexto interno y externo de cada institución es muy particular, lo que no es muy recomendable ir por ese camino.

Por otro lado se debe tener en cuenta que los manuales administrativos son instrumentos que permiten la comunicación, y son empleados para registrar y transmitir a los intersados la información respecto a la organización, y funcionamiento de las dependencias, es un documento que contiene, en forma organizada y sistematizada, la información y/o las instrucciones sobre la organización, funciones, y/o procedimientos de una institución (OMDGPOP, 2005)

2. Los tipos de organización

Según (Mintzberg, 2019), el diseño de las organizaciones cuenta con cinco tipos de estructura que son (1) Estructura Simple, (2) Burocracia Mecánica, (3) Burocracia Profesional, (4) Estructura Divisionalizada, y (5) Adhocracia, todas ellas están centradas en la constitución de los órganos directrices, operativos, de apoyo y asesoría, en función a la toma de decisiones de gestión.

3. Cualidades de la organización

Al efectuar un rastreo de las propuestas de los diversos autores con respecto a las cualidades que debería tener una organización, las perspectivas son diversas y hasta cierto punto muy tendencioso; en función a lo que quieren expresar, y esto último va de la mano de estudios de caso o situaciones particulares de algún género de empresa o tipo de estas, esta exploración nos permie llegar hasta (Munier, 1973); quien hace una caracterización de las cualidades de la organización en general, esta son diferenciadas en:

- Responsabilidad y autoridad
- Equilibrio
- Estabilidad y flexibilidad
- Límite o alcance del control y la supervisión
- Comunicación

3.1. Responsabilidad y Autoridad

La responsabilidad es la obligación por parte de una persona de llevar a cabo un trabajo dado, encomendado con un superior, la responsabilidad no se delega.

La autoridad está íntimamente ligada con la responsabilidad, la autoridad es el derecho que tiene alguien para ordenar la ejecución de un trabajo a otra persona, la autoridad se puede delegar.

3.2. Equilibrio

Desarrollo armónico de los distintos departamentos y sectores de la empresa, de modo tal que cada uno tenga una importancia adecuada a las funciones que realiza. Muchas veces, por motivos de preferencias personales o por circunstancias fortuitas, un departamento tiene una cantidad de personal superior a sus necesidades reales.

3.3. Estabilidad y Flexibilidad

La estabilidad es el mecanismo que permita la continuación del funcionamiento efectivo de la empresa ante problemas de crecimiento, desaparición temporal o permanente del personal.

La flexibilidad es la capacidad de absorber cambios radicales sin perder eficiencia.

3.4. Límite o Alcance del Control y la Supervisión

Se refiere especialmente a la eficiencia del control o la supervisión ejercida. Se establece que existen tres tipos de relaciones entre un superior y sus subordinados: relación directa del superior con cada subordinado, relación entre el superior y cada uno de las posibles combinaciones entre sus subordinados, y relaciones cruzadas.

De acuerdo a las medidas de control que se ejerzan sobre la base de una supervisión esta debe ser razonable, en términos de medición y evaluación del trabajo, así como el acoso que esta puede significar, de acuerdo al caso específico que se esté tratando.

3.5. Comunicación

La comunicación puede ser vertical, horizontal o diagonal, es vertical siguiendo la línea de mando origina el flujo de órdenes y el flujo de información, es horizontal cuando se establece entre miembros de igual nivel, también denominado coordinación, es diagonal cuando la comunicación se refiere a elementos jerárquicos de nivel superior, con otro órgano de nivel inferior de otra línea de mando, referida a la autoridad funcional

4. Modelo para el diseño organizacional

El modelo es de tipo secuencial, lo que implica una sucesión de pasos para que de forma consecutiva se puedan conseguir los respectivos manuales, esto se puede apreciar en la siguiente figura:

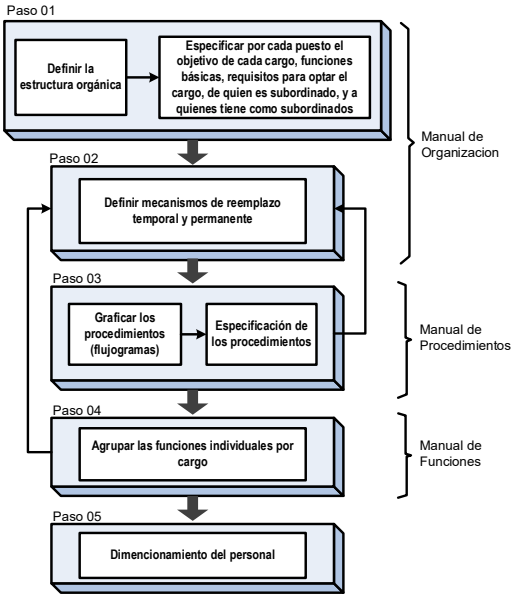


Figura 1 – Esquema secuencial del modelo

4.1. Paso 1: Definición de la estructura

En primer orden se debe contar con una estructura orgánica la cual nos permita establecer un orden jerárquico de los elementos que conforman la estructura de la organización, conforme se va estableciendo los diversos cargos y sus respectivas líneas de mando, se debe hacer la anotación de los siguientes aspectos por cada uno de ellos:

1. Objetivo del cargo
2. Funciones básicas
3. Requisitos para optar el cargo
4. De quien es subordinado
5. A quienes tiene como subordinados

Aspecto Nº 1: El objetivo del cargo, representa el motivo por el cual se genera el cargo, también puede interpretarse como la razón de ser por el cual se generó el mismo. Las funciones básicas, representan un conjunto de actividades atribuidas al cargo, esto en líneas generales, regularmente las funciones serán especificadas cuando se desarrollen los procedimientos hasta llegar al manual de funciones, pero también es cierto que cuando se esté bajando en la estructura orgánica, el caso de los objetivos y las funciones básicas, pueden llegarse a asemejar tanto, que no será necesario denotarlas de forma independiente, más por el contrario, sería conveniente unirlas en una sola especificación.

Aspecto Nº 2: Los requisitos para optar el cargo, son un conjunto de aspectos concernientes a las personas que asumirán las responsabilidades inherentes al cargo, esto puede estar detallado en forma más adecuada elaborando un perfil del puesto.

Aspecto Nº 3: De quien es subordinado y a quienes tienen como subordinados, es un instrumento de orientación, como su nombre lo indica, establece una relación jerárquica entre jefes y subordinados, lo cual puede ser ya bastante obvio al solo mirar la estructura jerárquica en un organigrama, pero las relaciones funcionales no siempre se pueden apreciar en esta gráfica, por lo tanto estos aspectos se deben detallar agrupados en relación a la dependencia jerárquica, la cual solo debe ser enumerada, pero en lo funcional, debe ser detallada.

4.2. Paso 2: Mecanismos de reemplazo

En un segundo paso, y luego de haber definido la estructura orgánica, se debe establecer los mecanismos de reemplazos temporales y permanentes, para lo cual se debe establecer criterios de:

- Nivel jerárquico
- Área laboral
- Confianza

En lo referente al nivel jerárquico, se puede establecer que al faltar una persona de un nivel jerárquico, esta pueda ser suplida por otra de rango similar.

En lo referente a un área laboral, cuando falta una persona de una área laboral definida, este puede ser suplido por un trabajador del mismo área, para ello se pueden aplicar criterios complementarios, tales como, labores que desarrolla, perfiles similares, nivel de dependencia, etc.

En cuanto a la confianza, cuando un empleado falta, se refiere a que puede ser suplido por alguien designado por el jefe inmediato superior o alguien de mayor nivel, lo cual significa que el mismo no necesita mayor criterio que las consideraciones personales que le indiquen a quien designar.

4.3. Paso 3: Procedimientos

En este paso se inicia la especificación de la labor que desempeñan los trabajadores de la institución, lo mismo que se puede efectuar diagramando sus actividades en forma de flujogramas, tratando de especificar las formas de proceder frente a situaciones determinadas. Luego de efectuar los diagramas a un nivel satisfactorio, se debe proceder a elaborar las especificaciones de cada procedimiento, confeccionando sus respectivas fichas de procedimiento, para ello se empleara técnicas que más adelante se podrán especificar, toda esta información se debe juntar en un solo documento denominado manual de procedimientos.

4.4. Paso 4: Definición de funciones

Una vez completado el tercer paso, se debe efectuar un resumen de las funciones que cada trabajador debe desarrollar, para ello se debe recurrir a la especificación de la labor que desarrollan los trabajadores, la misma que se encuentra en las especificaciones de los procedimientos, todo esto se resume en un solo documento denominado manual de funciones.

4.5. Paso 5: Dimensionamiento

El último paso, y con un conocimiento más vasto de las acciones individuales que desempeñaran los trabajadores, se puede establecer una correcta asignación de esfuerzos a las actividades a desempeñar, para lo cual, es totalmente pertinente indicar cuantas personas desarrollaran las funciones estipuladas para cada cargo.

Es preciso explicar de mejor manera las líneas que unen los pasos dos y tres, esto se refiere a que los mecanismos de reemplazo temporal y permanente, deben ser especificados con un procedimiento para cado caso. De la misma manera la línea que une los pasos cuatro con el dos, este se refiere al caso de para establecer los mecanismos de reemplazo, se debe tener en cuenta las funciones que desarrollan los trabajadores de forma específica, lo cual está indicado en el manual de funciones.

Cabe mencionar que de un principio es usual hacer un levantamiento preliminar, sobre las actividades que cada trabajador realiza, esto puede hacerse aplicando un cuestionario y/o entrevista, donde al término de esta, se concluye con un resumen tabulado de todas las actividades que desarrolla cada trabajador en sus puestos. Este elemento sirve como un elemento de control, puesto que luego de concluido la labor de diseño, los resultados del mismo, pueden y deben ser contrastados con esta tabulación lo que nos permitirá conocer aspectos tales como:

- Deficiencias del diseño
- Incomprensión de las responsabilidades.

Se puede entender como un error del diseño, cuando el número de actividades tabuladas en las entrevistas o encuestas es mayor al número de actividades definidas en el diseño, para lo cual, previamente se separan de la lista tabulada, todas aquellas actividades que se encuentren incluidas en los procesos diseñados, o sean de una trivialidad muy evidente.

Se puede asumir que es un caso de incomprensión de las responsabilidades, cuando el número de actividades tabuladas en las entrevistas o encuestas, son menores a las definidas en el diseño, esto debido a que los trabajadores tienen una habitualidad de desarrollar ciertas labores, olvidando otras que muy esporádicamente o nunca las desarrollan, y es muy evidente en el caso de los procedimientos de contingencias o similares, también es usual ver este caso cuando existe una rotación informal del cargo, esto debido a lo antes descrito y que al existir la figura de la rotación, en el proceso de transferencia del cargo, no son considerados estos proceso, quedando perdidos por desentendimiento.

5. Esquema de composición del modelo

El presente modelo que se plantea es una secuencia de esquemas y estructuras que a continuación se desarrollaran pormenorizadamente, las mismas que se deberán seguir en secuencia, el siguiente esquema muestra la composición del modelo propuesto

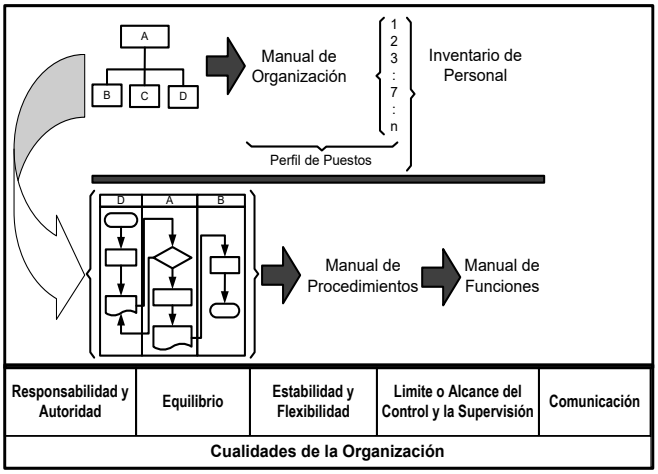


Figura 2 – Esquema del Modelo en el Diseño Organizacional

5.1. La Estructura Jerárquica

El modelo de diseño organizacional comienza por una disgregación de las funciones especializadas que desarrolla o desarrollara la empresa, para lo cual es recomendable usar criterios de departamentalización, y para que estos sean efectivos en función al modelo propuesto, deberá pensarse en la división de funciones como si se estuviera al término del horizonte temporal, luego se hace una adaptación en el tiempo actual y se planifica el crecimiento hasta llegar al esquema propuesto al termino del horizonte temporal

El siguiente esquema ilustra a la organización propuesta, y de que manera esta muta a través del horizonte temporal.

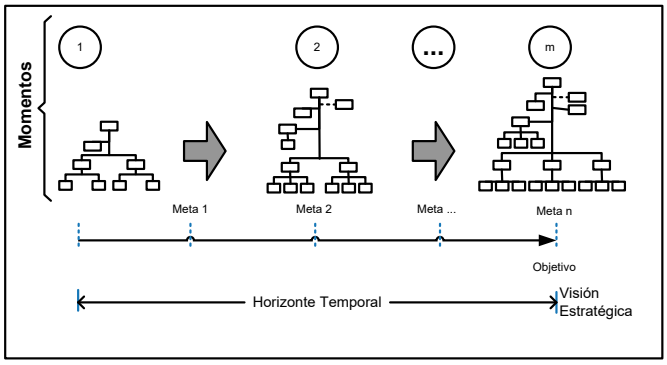


Figura 3 – Evolución estructural a través del horizonte temporal

El momento "m" es el objetivo organizacional, esto quiere decir que debemos hacer una reducción a las necesidades actuales, esto significa que muchos órganos se contraerán en uno y algunos puede ser que aún no sean requeridos, el esquema siguiente muestra de alguna forma como hacer esto, la transición del "Momento 1"

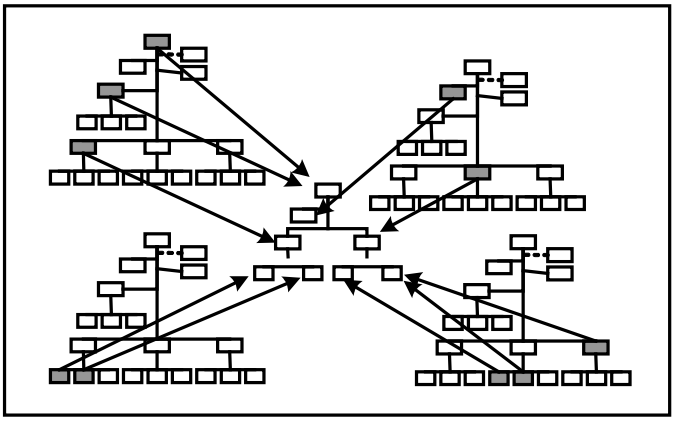


Figura 4 – Esquema de mutación controlada

El factor de éxito para concretar este aspecto es tener la capacidad de discernir los momentos en los cuales la organización cambiara o mutara de forma controlada, en referencia a la estructura organizacional

5.2. El Manual de Organización

El manual de organización es un documento en el cual se especifica un conjunto de siete criterios básicos, los mismos que detallan los cargos de la organización, cada cargo ira contenido en cada capítulo que se denominara de la misma forma que el mencionado cargo, estos criterios pueden ser ampliados por algún otro si el diseñador así lo ve necesario, estos criterios son:

a. Objetivos del cargo.- En este punto se debe detallar cual es la razón por la cual se ha creado el cargo, cuál es su propósito.
b. Funciones Básicas.- Son las responsabilidades primarias y genéricas que debe cumplir las personas a las que se le asigne el cargo.
c. Lo que se requiere para optar el cargo.- En este punto se debe hacer las especificaciones del cargo, dicho de otra forma se plantea el perfil del cargo y un profesiograma, para lo cual de ser necesario se puede recurrir a anexos según un formato determinado.
d. A quienes tiene como subordinados.- Se debe enumerar a los cargos a quienes tiene bajo su responsabilidad, esto dividido de ser necesario por la línea de mando o la responsabilidad funcional, para ello se debe seguír la secuencia siguiente:

    1. Revisar la estructura orgánica (organigrama) de la empresa.

2. Anotar los cargos que se encuentren por debajo de su línea de mando y clasificarlos como “subordinados de línea”.
3. Verificar las relaciones de dependencia funcional que tenga el cargo en cuestión, y anotar los cargos involucrados para posteriormente clasificarlos en un grupo de “subordinados por función, y especificar en qué aspectos.

e. De quien es subordinado.- Se debe especificar de quien obedece asignaciones laborales, esto de ser necesario se debe agrupar por la línea de mando o la responsabilidad funcional, para ello se debe seguir la secuencia siguiente:

1. Revisar la estructura orgánica (organigrama) de la empresa.
2. Anotar el cargo que se encuentre por encima en la línea de mando y consignarlos como “subordinado de línea”.
3. Verificar las relaciones de dependencia funcional que tenga el cargo en cuestión, y anotar los cargos involucrados para posteriormente clasificarlos en un grupo de “subordinados por función” y especificar en qué aspectos.

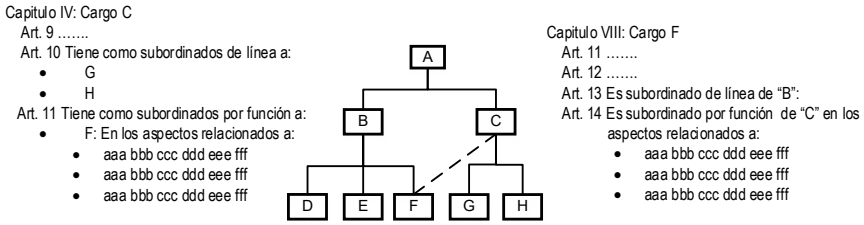


Figura 5 – Constitución de la dependencia lineal y funcional

f. Remplazo en caso de ausencia temporal.- En este aspecto se debe detallar los criterios para asignación temporal de las responsabilidades y especificar quienes se harán cargo de las mismas, de ser necesario se puede hacer referencia a algún procedimiento diseñado para este propósito.

Por otra parte, cabe aclarar el caso de un reemplazo temporal, el mismo que sucede cuando un trabajador por algún motivo se debe ausentar por un período corto, entendiéndose que al término de este lapso el trabajador se reincorporara a sus funciones, por tal motivo es conveniente destacar dos formas de proceder que son muy usuales:

- El reemplazo puede ocurrir por designación directa de un miembro jerárquico del nivel inmediato superior, o a recomendación de este.
- El reemplazo puede ocurrir por una redistribución temporal de las funciones entre miembros del área o afines, de tal manera que las funciones generen una sobre carga proporcional y controlable dentro de un grupo de trabajadores entenados en el cometido de las funciones del personal a suplir. También cabe destacar que de acuerdo al cargo en cuestión, pueden haber funciones irremplazables como el firmado de cheques, autorizaciones, etc., cuya atribución es irremplazable, en tal caso se puede dar el caso de distanciar los trámites hasta conseguir la reintegración del trabajador al pueto laboral.

g. Remplazo en caso de ausencia permanente.- En este aspecto se debe detallar los criterios para el remplazo de la persona que ocupa el cargo en cuestión, esto puede darse por:

- Designación directa de un jefe de nivel jerárquico superior.
- Un ascenso o rotación de personal
- Establecer los criterios de convocatoria para remplazo por parte de una persona foránea

5.3. Los Procedimientos

Los procedimientos son graficas que muestran de una forma contextual el recorrido de un proceso, a través de los diferentes componentes de la organización, para poder hacer unos procedimientos de forma adecuada se debe hacer un trabajo conjunto y multidisciplinario a efectos de hacer las cosas con pertinencia y conocimiento de causa y efecto. Para hacer unos correctos diagramas de procedimientos, se debe considerar los siguientes aspectos:

a. Considerar la división organizacional jerárquica.- En este aspecto se asume la estructura al termino del horizonte temporal, y para ello se simplifica por departamentos, áreas o secciones según sea el caso, como se puede ver el gráfico siguiente:

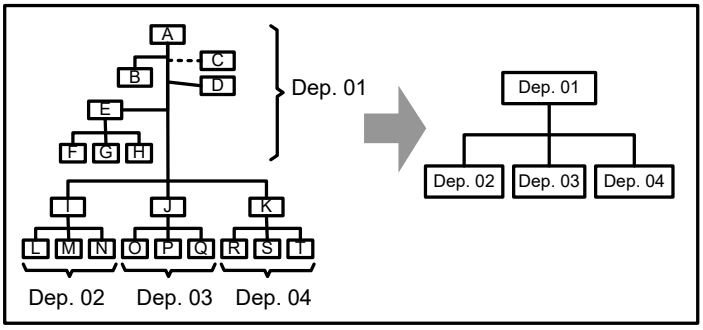


Figura 6 – Reducción de la estructura orgánica

b. Elaboración de los diagramas.- Cada uno de las secciones deberá efectuar sus respectivos procedimientos, coordinando con los otros los aspectos en los que uno entrega o recibe algo, para ello se debe considerar una notación formalizada, en este articulo usaremos las normas ANSI (MPNPE, 2009) e ISO 9000 (Herbas, 2019), cabe aclarar que en este punto de puede hacer uso de diagramas BPM, UML u otro que la entidad o el grupo de trabajo vea por conveniente.

5.4. El Manual de Procedimientos

El manual de procedimientos es un documento que especifica de manera más detallada los pormenores de cada procedimiento, su constitución está dada por capítulos, los

mismos que cada uno contiene el detalle de un procedimiento en particular. Se trabajan a diferencia de un manual clásico, como el de organización y el de funciones, con un formato que a continuación detallaremos y para lo cual nos basaremos en la secuencia siguiente:

1. Elaborar un listado de los procesos que se desean formalizar en el manual de procedimientos.
2. Establecer el tramo que abarcara cada uno de los procesos determinados en el paso anterior, para ello se puede emplear a manera de documento auxiliar un listado de procedimientos.

Nº	Procedimiento	Ámbito	
		Inicio	Final

Figura 7 – Catálogo de procedimientos

3. Indagar con los involucrados la secuencialidad de los pasos que comprende, para ello se puede recurrir a una o varias de las técnicas de recolección de datos, de las cuales podemos mencionar las siguientes:

Técnica	**Instrumento**
Encuesta	Cuestionarios
Entrevista	Cuestionario o Guía de entrevista
Observación de campo	Ficha de observación de campo

Tabla 1 – Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4. Una vez colectada la información de la secuencialidad del proceso y las especificaciones de los puntos de paso (cargos) donde se desarrollan las actividades, se procede a la elaboración de los flujogramas, los mismos que expresan la secuencialidad de las actividades desarrolladas
5. En forma paralela al desarrollo de los flujogramas, se debe elaborar las fichas de procedimiento, la cual se elaborar teniendo en cuenta el formato que se presenta en la figura siguiente:

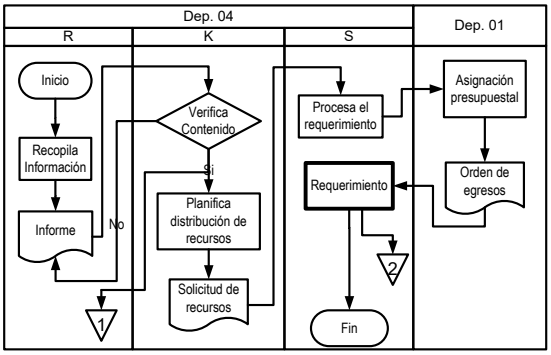


Figura 8 – Ejemplo: Procedimiento de requerimiento de insumos

Dependencia	Nº	Actividad	Documento Generado	Tiempo (Dias)
R	1	Recopila Información de existencias		1
	2	Elabora Informe de carencias o requerimientos de stock. Archiva Copia de informe en Archivo 01	Informe de estado de existencias y Requerimiento	
K	3	Verifica contenido del Informe de estado de existencias bajo los siguientes criterios: Número de Ítems reportados Patrón cíclico del requerimiento por Item Uso promedio por período del insumo Costo de ultima adquisición Rubrica del responsable. De no cumplir la verificación, retorna al punto 2 De si cumplir la verificación, paso al punto 4, previamente firma el cargo i devuelve a "R" para "Archivo 1"		2
...	...	...	...	..
Dep. 01	7	Elabora la Asignación Presupuestal		
	8	Emite Orden de Egresos, la misma que debe tener indicada: Origen y Destino de la partida presupuestal	Orden de Egresos (Ver Anexo xxxxx)	4
S	9	Ejecuta el procedimiento de Requerimientos, en el mismo que se archiva la Solicitud de Recursos, conjuntamente que el Informe del estado de existencias y requerimientos. En el "Archivo 2"		5 a más

Figura 9 – Ejemplo: Ficha de Procedimiento

Esto se debe efectuar por cada procedimiento existente en la empresa, se recomienda se agrupen por el departamento de procedencia, o lugar de inicio

o destino de los entregables del proceso que se esté estandarizando con el procedimiento en curso de elaboración. Además se debe incluir en esta representación, enforma de cabecera los datos de la institución, asi como la denominación del procedimiento, e incluir los datos que se estimen conveniente. Se debe incluir anexos adicionales para cada documento estandarizado que se esté aplicando

5.5. El Manual de Funciones

El manual de funciones es un documento que resume las labores que deben cumplir las personas que tienen bajo su responsabilidad algún cargo, para su elaboración se deberá tener en cuenta los pasos siguientes:

1. Cada capítulo representa un determinado cargo, el contenido de cada capítulo corresponderá al detalle de las funciones que desempeñan cada cargo, su estructura es idéntica al del manual de organización, a continuación se nuestra el esquema de cómo se desarrollaría esta tarea:

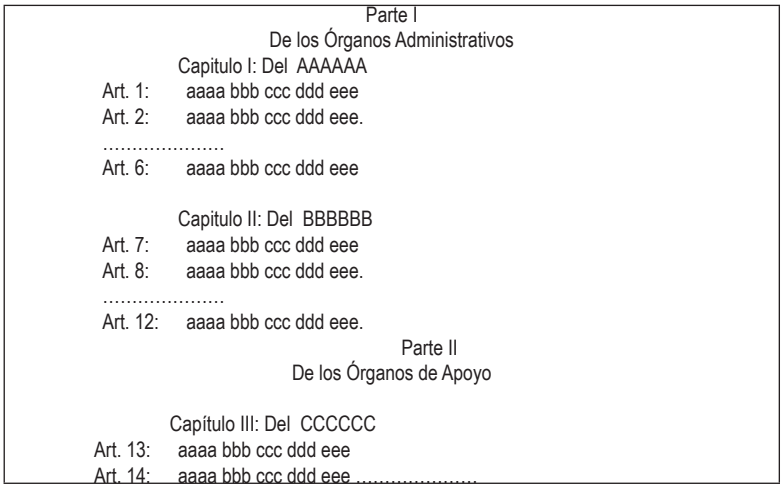


Figura 10 – Ejemplo: Ejemplo Estructural del Manual de Funciones.

2. Los artículos que contienen las especificaciones pormenorizadas de lo que efectúa cada trabajador son extraídas de la trascripción de todas las actividades definidas dentro de las columnas de responsabilidad contenidas en los diversos procedimientos, donde el referido cargo participe, el grafico siguiente explica la forma en la que se efectúa esta actividad.
3. Es usual que se extraiga del manual de organización el artículo referido a las funciones básicas que cumple en cargo e incluirlo como un artículo más en el manual de funciones, en el capitulo referido al cargo en cuestión.

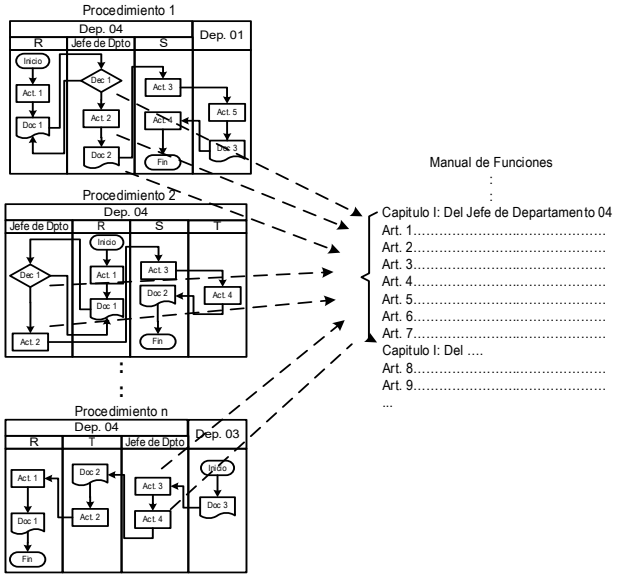


Figura 11 – Forma de elaborar el Manual de Funciones

6. El Dimensionamiento del personal

Cabe aclarar de forma previa que la dimensión de una empresa se puede medir en función a varios factores, en el modelo propuesto nos referiremos exclusivamente cuando apliquemos el término, al número de personas que deberían laborar en la institución.

El tamaño de la organización lo consideraremos por el número de personas que trabajan en esta, en algún momento de su evolución en el horizonte temporal, teniendo en cuenta lo tratado en el punto anterior, podemos deducir que el número de órganos que constituye la estructura orgánica en un momento determinado, no representa necesariamente el número de trabajadores de la empresa, así podemos tener el caso que se muestra en la figura 3.

Y de ahí podemos hacer un cuadro que explicaría de mejor manera el número de personas para este momento, a este cuadro se le denomina inventario de personal

Para desarrollar lo antes indicado se debe seguir los pasos que detallamos a continuación.

1. Se efectuara una matriz de frecuencia de labor realizada por los trabajador en función a la periodicidad con la que desarrolla cada una de sus actividades consignadas
2. Una vez efectuada la matriz de frecuencia se puede observar en ella, la densidad laboral que presenta cada cargo, de ahí que se puede dimensionar de mejor manera cuantas personas serán necesarias para un cargo determinado.
3. De la misma forma que el paso anterior, si un cargo está muy libre de carga laboral, puede ser fusionado con otro u otros que presenten la misma particularidad.

Nº	Cargo	Puesto	Planilla	Condición	Dedicación	Nº de Personas	Sueldo Promedio	Sueldo Total
1	A / E	a	Ejecutivos	Nombrado	Tiempo Completo	1	3500	3500
2	B	b	Empleados	Nombrado	Tiempo Completo	1	1300	1300
3	I	i	Ejecutivos	Nombrado	Tiempo Completo	1	2500	2500
4	J	j	Ejecutivos	Nombrado	Tiempo Completo	1	2400	2400
5	L	l	Empleados	Nombrado	Tiempo Completo	2	1500	3000
				Contratado	Tiempo Completo	2	1300	2600
					Tiempo Parcial	4	650	2600
6	M	m	Empleados	Nombrado	Tiempo Completo	3	1400	4200
				Contratado	Tiempo Completo	2	1100	2200
				Por Honorarios	Tiempo Completo	3	850	2550
7	O	o	Empleados	Nombrado	Tiempo Completo	4	750	3000
8	P / K	p	Empleados	Nombrado	Tiempo Completo	1	1200	1200
9	P	p	Empleados	Contratado	Tiempo Parcial	5	800	4000

Figura 12 – Cuadro de Inventario de Personal

Departamento

Cargo

Nº	Actividad/Función	Diario	Semanal	Mensual	Anual	Otro

Figura 13 – Matriz de frecuencia de funciones por cargo.

4. Es también susceptible de ocurrir que un cargo sea fusionado parcialmente con otros cargos en términos de tiempo dedicado a las actividades propias de cada cargo involucrado.

7. Cualidades de la Organización y el Modelo

Las cualidades de la organización pueden lograrse al desarrollar el modelo documental, la tabla 2 que a continuación se presenta, expresa la relación entre las cualidades de una organización y el modelo propuesto

Cualidad	Como lograrla
Responsabilidad y Autoridad	Manual de Funciones • Al definir las funciones de cada puesto Manual de Organización • Al Definir las líneas de mando
Equilibrio	Manual de Organización • Al definir los objetivos del cargo Manual de Procedimientos • Al distribuir de forma armónica las labores del personal sin saturar algún cargo Manual de Funciones • Al especificar las labores de cada cargo Inventario de Personal • Al establecer la cantidad de personas que se hacen cargo de un puesto, se puede confirmar que las responsabilidades están equilibradas.
Estabilidad y Flexibilidad	Manual de Organización • Al definir los mecanismos de reemplazo en caso de ausencia temporal y permanente Manual de Procedimientos • Cuando se implementan los mecanismos de reemplazo en procedimientos estructurados
Limite o Alcance del Control y la Supervisión	Manual de Funciones • Al definir las labores de cada quien Manual de Procedimientos • Al Definir las los procedimientos y los criterios de evaluación así como los plazos de los mismos
Comunicación	Manual de Procedimientos • Al especificar en los procedimientos, la ocurrencia de la generación de documentes estandarizados o no • Al establecer los flujos de los procedimientos, se esta indicando también el nivel de coordinación entre los trabajadores. Manual de Funciones • Al establecer las funciones específicas que cada trabajador desempeñara, se debe indicar los documentos que generan y las coordinaciones que realice con otros trabajadores.

Tabla 2 – Contraste entre las cualidades y los entregables que los operativizan.

8. Diferenciación de la Documentación del Diseño y Documentación del Sistema en un Momento

Se debe considerar que la documentación del diseño es netamente técnica, esto quiere decir que es aquello a implementar, y la documentación del sistema en un momento determinado, son aquellas que se usan dentro del sistema en operación, esta suele ser mas simple y suele no tener tanta especificación no comprensible por la gente no especializada en el tema.

9. Conclusiones

El modelo que se presenta en este articulo, muestra como de una manera secuencial se pueden lograr obtener los documentos que muestren a la organización de una forma tal

que esta pueda ser tratada en estudios que requieran de esta información sensible, como es el caso de cuando se requiere desarrollar un sistema informático, estos instrumentos apoyan bastante para efectuar la especificación de requisitos.

Los manuales que se muestran en este artículo son de diseño, por consiguiente son de carácter confidencial, su acceso debe ser restringido a determinadas personas, estos se pueden utilizar para sacar hibridos como el "Manual de organización y funciones - MOF", u otros como en el caso del manual de procedimientos que si bien lleva el mismo nombre al momento de su publicación y distribución, se deben excluir todo procedimiento que inplique temas sensibles como los protocolos de retiro o remplazo del personal, al igual que en el manual de organización lo referido a remplazos temporales y permanentes.

Referencias

Cornejo, V (2014), *Tesis doctoral: "Método para operativizar las cualidades de una organización de tipo burocracia mecánica, en el proceso de diseño organizacional de instituciones. caso Seguro Integral de Salud – SIS"*, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa-Perú

Daft, R (2011), *"Teoría y Diseño Organizacional"*, 10 Ed., Cengage Learning Editores, S.A., Mexico

Herbas, B (2019), *"Sistemas de Gestión de Calidad"*,Ultimo acceso: 10/09/2019, Disponible en: http://www.sertecsa.net/sertec/arch_informacion/archivos/1353364869.pdf

Llorente, L (2019), *"Benchmarking"*, Ultimo acceso: 10/09/2019, disponible en: http://gestion-calidad.com/wp-content/uploads/2016/09/Benchmarking.pdf

Marciniak, R. (2017), *"El benchmarking como herramienta de mejora de la calidad de la educación universitaria virtual. Ejemplo de una experiencia polaca"*, EDUCAR, vol. 53, núm. 1, 2017, pp. 171-207, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelon Modelo para el diseño organizacional basado en cualidades a, España

Ministerio de Planificación Nacional y Politica Economica (2009), "Guía para la Elaboración de Diagramas de Flujo", Costa Rica, pp 12

Mintzberg, H. (2019), *"Diseño Organizacional"*, Ultimo acceso 10/09/2019, https://www.gestiopolis.com/diseno-organizacional-de-henry-mintzberg/

Munier, N. (1973), *"Técnicas modernas para el planeamiento y control de producción: explicación, análisis, desarrollo ejemplificado de técnicas para llevar a cabo esta función"*. Buenos Aires: Astrea, Area empresarial, Argentina

Oficialía Mayor Dirección General de Programación, Organización y Presupuesto Dirección de Organización - OMDGPOP (2005), "Guía Técnica para la Elaboración de Manuales de Organización", ultimo acceso: 5/11/2019, disponible en: https://www.uv.mx/personal/fcastaneda/files/2010/10/guia_elab_manu_org.pdf

Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo, Dirección General De Planeación, Dirección De Gestión De La Calidad (2014), "Guía Técnica para la Elaboración de Manuales de Organización" ultimo acceso: 5/11/2019, disponible en: https://www.uaeh.edu.mx/calidad/MO/guiamanualesdeorganizacion.pdf

Valdivieso, L (2019), "Diseño Organizacional", ultimo acceso: 10/09/2019, disponible en: https://luisvaldiviesomerino.files.wordpress.com/2016/08/disec3b10-organizacional-y-estructura-organizacional.pdf

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 14/09/2019
Aceitação/Acceptance: 19/11/2019

Herramienta tecnológica disruptiva para la inclusión social en personas sordas

Juan José Caiza[1], Katerine Márceles Villalba[2], Gabriel Elías Chanchí[3]

juanjosecaiza@unimayor.edu.co[1], kmarceles@unimayor.edu.co[2], gchanchig@unicartagena.edu.co[3]

[1, 2]Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca, Carrera 7 N° 2-34 Edificio Bicentenario, 190003, Popayán- Cauca, Colombia.

[3]Universidad de Cartagena, Avenida del Consulado, Calle 30 Nº 39B-192, 130001, Cartagena - Bolívar, Colombia.

Pages: 751–762

Resumen: Este artículo presenta una aplicación móvil dirigida a personas sordas, el fundamento de la aplicación es incrementar el nivel de comunicación entre personas sordas y personas oyentes; esto debido a la gran brecha que existe, limitando su normal desarrollo e interacción. Es importante destacar que se trabajó con el lenguaje de señas basado en el alfabeto dactilológico Colombiano, dando prioridad al lenguaje de las personas sordas; para así realizar una traducción al lenguaje castellano, es por ello que se incluye el uso del lenguaje abreviado a través de imágenes con movimiento y además se adicionan predicciones de texto en el teclado a través del uso de archivos con extensión .gif. Finalmente se realizaron las pruebas respectivas de la aplicación, de donde se obtuvieron algunas sugerencias como mejoras, que ya fueron aplicadas y ajustada en la versión que se incluye en éste trabajo.

Palabras-clave: Aplicación, Comunicación, Lenguaje de señas, Sordo.

Disruptive technological tool for social inclusion in deaf people

Abstract:. This article presents a mobile application aimed at deaf people, the foundation of the application is to increase the level of communication between deaf and hearing people; this is due to the large gap that exists, limiting its normal development and interaction. It is important to highlight that the sign language was based on the Colombian fingerprint alphabet, giving priority to the language of deaf people; In order to make a translation into Spanish, this is why the use of abbreviated language is included through moving images and also predictions of text on the keyboard are added through the use of files with gif extension. Finally, the respective tests of the application were carried out, from which some suggestions were obtained as improvements, which were already applied and adjusted in the version included in this work.

Keywords*:* Application, Communication, Deaf, Sign language.

1. Introducción

El incremento acelerado y desarrollo de nuevas tecnologías se ha dado ante las crecientes necesidades de la sociedad, cada día surgen un sinfín de alternativas para cada problemática y por ende la innovación en las tecnologías, lo que conlleva a provocar y proponer cambios en las estructuras que contribuyen en diferentes aspectos como: sociales, económicos, culturales, laborales, jurídicos y políticos, (Almenara 1996). Dado a esto la inclusión de herramientas tecnológicas han adquirido una gran importancia, ya que actúan como puente de conexión entre la sociedad, sin dejar de lado que son una fuente fundamental de comunicación de manera individual o colectiva, para transformar las necesidades en soluciones a beneficio del ser humano. De esta manera, surgen las TIC(Tecnologías de la información y comunicación), que contribuyen al desarrollo de nuevas tecnologías de información y comunicación (Educare 2008), aplicado a diferentes enfoques, entre los cuales se hará énfasis en el área social, por lo que se presentan diversas dificultades y limitaciones, como es la falta de comunicación para las personas con pérdida auditiva; esto involucra una serie de desafíos para las personas sordas, trayendo como consecuencia la falta de inclusión social, rechazo y una disminución en la participación en actividades básicas cotidianas.

En consecuencia, surge un reto para los países potencia y en desarrollo; y es gestionar acciones para reducir la brecha comunicacional (Revista Dinero 2016) tomando como medio el área digital, esta problemática no discrimina edad, niños y jóvenes por lo que se ha evidenciado una menor inclusión cuando éstos se encuentran en actividades escolares; como también en los adultos, por lo que se ha identificado que representan una mayor tasa de desempleo en cuanto a esta parte de la población (Organizacion mundial de la salud 2019).

Siendo así, es pertinente disminuir esta brecha comunicacional, mediante herramientas tecnológicas se pretende de forma inclusiva, abrirles el panorama de sus capacidades (Revista Dinero 2016), y ofrecerles diferentes alternativas, mediante mecanismos de comunicación ya desarrollados, que aunque son diversos, no cubre todas las necesidades previstas, es por ello que se desarrolló una aplicación móvil, con el objetivo de crear un camino de comunicación entre las personas sordas con las personas oyentes, en donde la base es el lenguaje de señas, aplicando el alfabeto dactilológico Colombiano.

A continuación se presenta el artículo organizado de la siguiente manera: en la segunda sección se encuentra una descripción del problema, en la tercera sección los trabajos que se tuvieron como referentes, en la cuarta sección una descripción funcional de la herramienta, en la sección quinta unas pruebas en cuánto al uso y apropiación de la aplicación, en la sexta sección se presenta el análisis obtenido de las pruebas realizadas y finalmente las conclusiones y trabajos futuros.

2. Descripción del problema

La falta de interacción con la sociedad es una de las situaciones que más afecta a las personas con cualquier tipo de discapacidad, muchas veces viven un doble aislamiento que les impide el acceso a información o les limita el desarrollo integral de su vida cotidiana en diferentes aspectos en medio de una sociedad que está en constate cambio.

Es de anotar que una parte de la población mundial presenta alguna discapacidad, en este caso se pretende evidenciar un panorama general de la discapacidad auditiva como se observa en la Figura 1, donde aproximadamente un 5% de la población mundial, es decir 360 millones de personas, para ser más específicos dentro de Sur América; en Colombia de cada 1000 personas, 51 personas son sordas (Perfil educativo de la población sorda en colombia 2014).

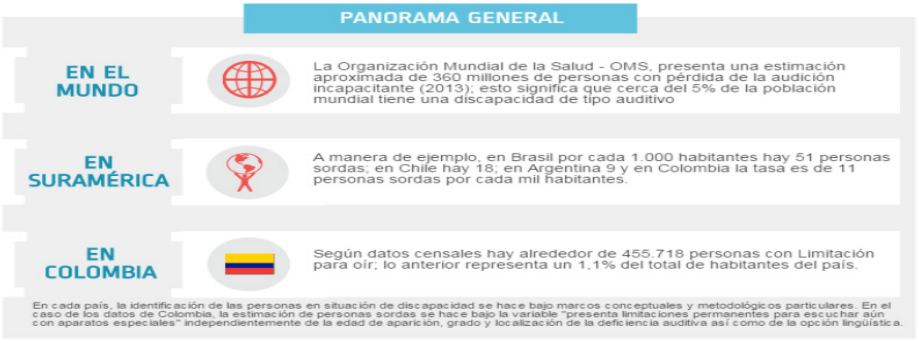


Figura 1 – Panorama general de personas sordas.
Fuente: Insor.

En Colombia según RLCPD (Registro de localización y caracterización de personas con discapacidad), ha identificado y caracterizado 1.404.108 personas con discapacidad, de los cuales el 5,4 % pierden la parte auditiva, es decir existen 9.733 personas en Colombia con esta discapacidad y el 5.1% de la población pierde la voz y el habla como se evidencia en la figura 2 (Sala situacional de las Personas con Discapacidad (PCD) Ministerio de Salud y Protección Social Oficina de Promoción Social 2018).

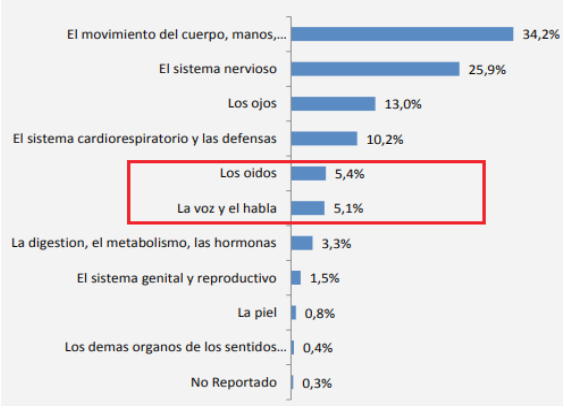


Figura 2 – Personas con discapacidad según la alteración que más le afecta.

Fuente: RLCPD.

Es por ello, que la falta de oportunidades y las limitaciones son más comunes en esta parte de la población, por lo que se presenta un descenso en las actividades y participación, debido a la poca capacidad de comunicarse; éste factor en Colombia se presenta en un 22% de personas como se identifica en la figura 3 (Sala situacional de las Personas con Discapacidad (PCD) Ministerio de Salud y Protección Social Oficina de Promoción Social 2018).



Figura 3 – Indicadores de discapacidad según la alteración que más le afecta.
Fuente: RLCPD.

En virtud de lo anterior, es importante mencionar uno de los recursos que compensa a las personas sordas es su capacidad visual, este órgano de los sentido es fundamental, ya que les ayudan a suplir de alguna manera el desarrollo de sus actividades; más sin embargo para que puedan tener una vida integral es necesario que puedan y sean capaces de comunicarse, expresarse y realizar distintas actividades; bajo estas premisa, se pretende implementar las adaptaciones técnicas necesarias bajo la creación de una aplicación móvil que les permita la comunicación con todas las personas mediante la traducción del lenguaje de señas en tiempo real.

3. Trabajos relacionados

Actualmente existe un alto desarrollo y evolución tecnológica, el pilar principal para estos desarrollos será en respuesta a la sociedad, más aún cuando se enfoca en la parte de la población con necesidades especiales o discapacidades, esto hace que se genere la necesidad de conocer y saber qué opciones existen para facilitar

la adaptación de estas personas y también para mejorar su estilo de vida, por ello en la investigación realizada por (Villegas, Talledo, and Barrientos Padilla 2015), su objetivo fue proponer nuevos proyectos que mejoren la independencia y calidad de vida de las personas con discapacidad mediante el empleo y/o la adaptación de las características de tecnologías y soluciones existentes, de allí la importancia de aplicar herramientas tecnológicas para el beneficio y aporte a la vida de personas con discapacidades, más puntualmente personas sordomudas. En este mismo orden de ideas el autor (Gait 2013), le da importancia a la inclusión del lenguaje de señas en su estudio relacionado con el mantenimiento y enseñanza del lenguaje de señas, donde busca incursionar en el desarrollo de software aplicaciones informáticas que favorezcan a personas con discapacidades auditivas y para aquellas que reciben atención en instituciones sin fines de lucro; esto reafirma el soporte social que debe tener el desarrollo tecnológico, en busca del bienestar de ésta discapacidad. De igual manera en el 2011 (Valenzuela, A, HE, Agüero, Beguerí 2011) desarrollan dos aplicaciones destinada para usuarios sordos, una aplicación móvil y otra de escritorio, que buscan un acercamiento de los usuarios a sistemas interactivos, resaltando la importancia del uso de la tecnología para la reutilización de recursos, bajo diferentes herramientas que puedan beneficiar a estas personas.

Del mismo modo, en un estudio realizado por (Gerado Acevedo, Rosendo Flores, Sergio Lima 2008), desarrollaron una aplicación para celulares dirigida a personas sordo mudas, donde buscaban facilitar la comunicación entre personas sordo mudas y de igual manera con personas sin esta discapacidad, también, en un estudio en colaboración entre México y Colombia, los autores (Cano, S , Muï, J, Collazos, C, Amador 2015) e investigadores del Cauca, diseñaron una aplicación para Tablet que sirve como adquisición de conceptos y estructura de oración, con el propósito de capturar atributos de niños con discapacidad auditiva, de tal manera que permitan adaptar ciertas variables y nivel de aprendizaje del juego. Por otra parte, se tiene como referente el trabajo realizado por (Tambo 2016) Diseño de un guante electrónico sensitivo al movimiento, éste se caracteriza por interpretar el abecedario y las señas más importantes empleadas con una sola muñeca; de esa manera poder establecer una comunicación entre personas con discapacidad auditiva y el resto de la sociedad. Es de destacar en esta investigación el manejo de las señas empleando el guante como elemento mediador del lenguaje para la disminución de la brecha en cuanto a la comunicación. Por consiguiente, los aspectos que se resaltan de los diferentes autores son las herramientas tecnológicas que desarrollan día a día, dando soluciones y oportunidades a personas que tienen un problema de discapacidad.

Dado a lo anterior, es relevante también mencionar que existen diferentes aplicaciones en plataformas como por ejemplo en Google la Play Store, donde se encuentran disponibles aplicaciones móviles que apoyan el lenguaje de señas tanto para personas sordas como para las personas oyentes que desconocen este lenguaje, como se muestra en la siguiente tabla comparativa:

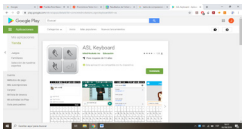
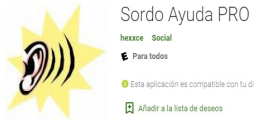
Aplicaciones móviles	Detalles	De pago o gratis	Comunicación	Estado
 ASL Keyboard	Teclado utilizando alfabetos del lenguaje de señas americano, donde el teclado traduce a alfabetos latinos. (ASL Keyboard - Aplicaciones en Google Play 2016)	Gratis	Latino	Última actualización 2016 Funcionando
 Sordo ayuda pro	Es una aplicación que integra reconocimiento de voz y traduce a texto para que el sordo lo pueda leer.(Sordo Ayuda Pro - Aplicaciones en Google Play 2019)	Pago	Inglés Latino	Última actualización 2014 Funcionando
 Hablalo	Háblalo es una aplicación desarrollada por Asteroid para ayudar a aquellas personas con dificultades para comunicarse: Sordera, parálisis cerebral, esclerosis lateral. (Háblalo - Aplicaciones en Google Play 2019)	Gratis	Inglés Portugués Español	Última actualización 2019 Funcionando
 Sordo Ayuda	Sordo Ayuda, es una aplicación que reconoce la voz del oyente y el sordo puede leer todo lo que el oyente a dicho. (Sordo Ayuda - Aplicaciones en Google Play 2019)	Gratis	Castellano	Última actualización 2019 Funcionando

Tabla 1 – Comparación de aplicaciones móviles

A partir del estudio realizado de los proyectos y aplicaciones existentes surge el diseño de la aplicación Beeth-Eart, la cual retoma cada uno de los aportes pertinentes de los antecedentes mencionados y lo concentra en esta nueva propuesta diferenciándose por su portabilidad, la inclusión en cuanto al reconocimiento de voz y su traducción al lenguaje de señas colombiano para ser usado por personas oyentes hacía las personas sordas y ésta también puede ser usada por personas sordas con un teclado adaptado a su lenguaje e imágenes con extensión .gifs asociadas a su lenguaje para comunicarse con personas oyentes. Lo anterior conlleva a generar un acercamiento de los usuarios con sistemas interactivos y una adaptación de características que facilitan una comunicación entre personas sordas y oyentes, adaptando el lenguaje de señas colombiano, en una interacción en tiempo real, permitiendo una comunicación. Esta tecnología aporta al

beneficio de ellos, ya sea para niños, jóvenes o adultos, de tal manera que se permita obtener un nivel de comunicación sin mediador o con el rol de traductor.

4. Descripción funcional de la herramienta

La aplicación móvil Beeth-Eart se construyó bajo la metodología Design Thinking, alineando sus etapas a la guía de gestión de proyecto PMBOK, donde el objetivo principal fue la innovación y empatía, atendiendo a los requerimientos y todas las necesidades de las personas oyentes y sordas, ésto con el propósito de generar una comunicación entre personas que hablan el castellano específicamente en Colombia con personas sordas, para llegar a obtener una comunicación en tiempo real generando una interacción (Design Thinking | designthinking.gal 2012). Esta aplicación móvil, se desarrolló bajo el entorno de programación android studio, el cual proporcionó diferentes herramientas que permitieron la creación del diseño y sus funcionalidades.

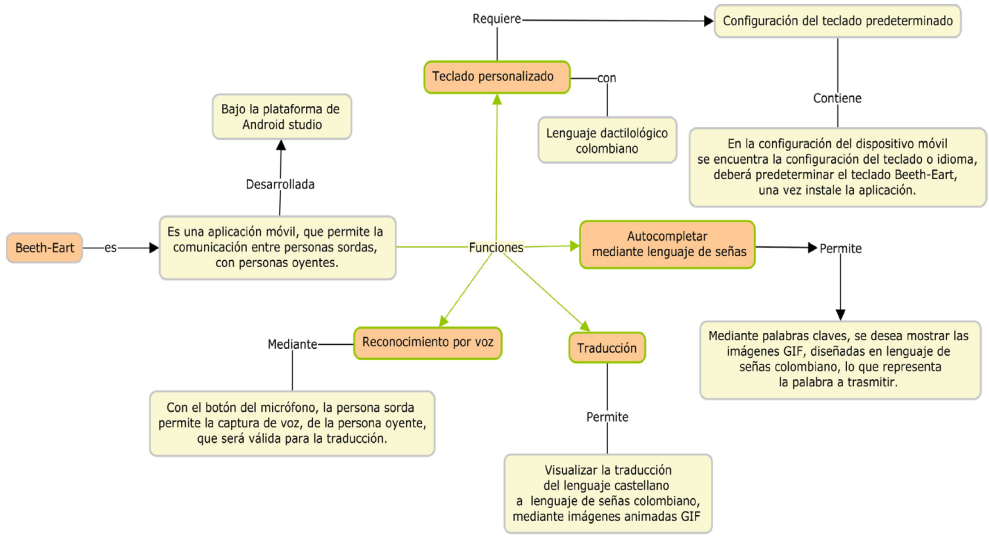


Figura 4 – Funcionalidades de la aplicación móvil Beeth-Eart.
Fuente: Propia de los autores.

Para dar más claridad acerca del manejo de la herramienta en la figura 4, se presenta un diagrama donde se especifica cada una de las funcionalidades de la aplicación Beeth-Eart, como primera instancia se encuentra una definición de la aplicación móvil y su principal objetivo, además se describen los parámetros bajo los cuales la aplicación fue desarrollada, en este caso, utilizando el entorno de programación android studio. Durante la ejecución de la aplicación se tuvo en cuenta cada uno de los requerimientos y necesidades de la población objeto de estudio, es por eso que se cuenta con una función para el reconocimiento de voz, que a su vez, activa el micrófono del dispositivo, el cual permite de forma simultanea capturar la voz y se válida para hacer la traducción correspondiente, adicional a ello se cuenta con una predicción mediante imágenes

con movimiento y/o .gifs de las palabras más comunes, haciendo uso del lenguaje de señas, todo esto bajo el manejo de un teclado personalizado adaptado con el alfabeto dactilológico colombiano.

A continuación, se explica de forma más detallada cada una de las funciones contenidas en la aplicación mediante las siguientes figuras:

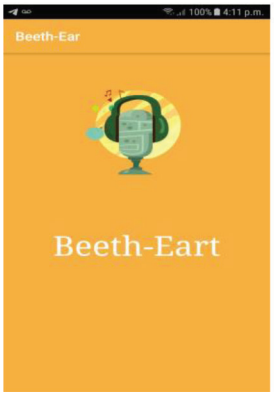


Figura 5 – Presentación.

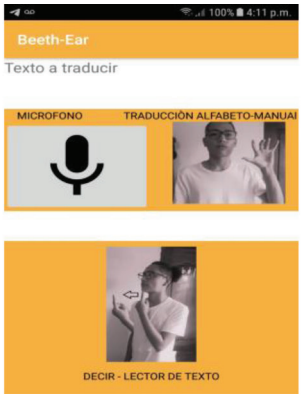


Figura 6 – Funcionalidades.
Fuente: Propia de los autores.

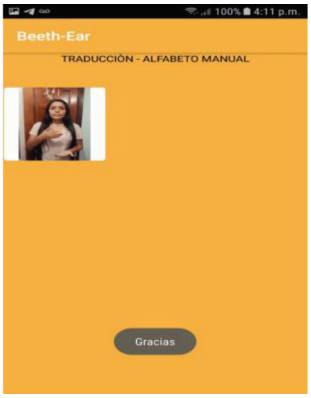


Figura 7 – Traducción.

En la figura 5, se observa la presentación de la aplicación, que para entonces se analizaron los requerimentos y aspectos visuales como los colores y diseño de fuente, con el fin de obtener un entorno agradable, usable y satisfactorio para el usuario. En la figura 6, se



Figura 8 – Teclado personalizado y predicción de imágenes .gifs.
Fuente: Propia de los autores.

encuentra el panel principal con todas las funcionalidades de la aplicación Beeth-Eart, como primera opción se tiene el micrófono, donde permite capturar toda la información de la persona oyente, el cual se muestra en el panel de texto en lenguaje castellano y en la figura 7, se visualiza un botón con la imagen que representa el símbolo del "alfabeto manual", en la traducción del panel de texto, el cual es interpretado mediante lenguaje dactilológico colombiano, visualizando se mediante imagenes con extensión .gif, de manera se pueda llegar a tener una mejor comunicación con las personas sordas.

Otra forma de que el usuario pueda trasmitir o expresarse es mediante la comunicación del panel de texto, que está diseñado mediante un teclado personalizado, con los símbolos del lenguaje de señas, como se muestra en la figura 8, permitiendo escribir mediante el lenguaje de señas, lo que el usuario quiera expresar y puede reproducir el texto en lenguaje castellano, de acuerdo a lo expresado por el usuario.

5. Pruebas en cuanto apropiación de la herramienta

Para la investigación que se realizó fue muy importante proponer y aplicar pruebas a un grupo de personas que permitiera llegar a conocer si fue pertinente la aplicación y cumple con los requerimientos y necesidades detectadas por las personas sordas, para esto se tuvo en cuenta las siguientes acciones:

Prueba inicial: Se diseñó y aplicó una encuesta a un número definido de personas, en donde se planteó como objetivo, indagar acerca de la perspectiva que tienen las personas sordas y el conocimiento que éstas tengan sobre herramientas tecnológicas, de allí generar el estudio de viabilidad.

Prueba aplicación: Se realizó una prueba de uso a dos personas con diferentes edades de gran rango de diferencia, con el propósito de tener apreciaciones con puntos de vista diferentes y necesidades también distintas.

Prueba en conjunto para mejoras: Se hizo la presentación de la aplicación a un grupo de personas sordas, con el fin de tener una retroalimentación en aspectos que pudieran ayudar para realizar mejoras o sugerencias para la aplicación.

6. Análisis de los resultados

En la **prueba inicial** se encontró que un 70% de los encuestados sordos no tenían manejo pleno de herramientas tecnológicas, esto puede deberse al rango de edad en que fueron aplicadas las pruebas 38-45 años pero de igual manera en este porcentaje se identificó un amplio manejo de lenguaje de señas; por otro lado, se detectó que más del 50% de los encuestados sordos, tienen un interés por el manejo y creación de aplicaciones que puedan disminuir de alguna manera sus limitaciones; finalmente se obtuvo que un 60% de las personas encuestados oyentes, no tienen amplios conocimientos sobre la condición de sordera, el manejo de su lenguaje o limitaciones que puedan tener; por ende sugieren que la idea de generar una herramienta que ayude a estas limitaciones es bien encaminada.

En la **segunda prueba**, se realizó una prueba para conocer la percepción en cuánto al manejo de la aplicación, por lo que se llevó a cabo con dos personas sordas: un joven

de 15 años y un adulto de 43 años, los resultados se obtuvieron en 3 secciones, donde se aplicó inicialmente un pre test que consintió en una encuesta para medir el nivel de manejo de herramientas electrónicas; en el joven de 15 años se obtuvo un alto manejo en estas herramientas, así mismo como aplicaciones, redes sociales, entre otras; por el contrario en el adulto de 43 años manifestó estar nulo en cuanto al manejo. En ésta segunda sección, se aplicó un test de usabilidad, en donde los usuarios se les presentó la aplicacion, el adulto de 43 años no logró manejar la aplicación, esto es consecuente ya que al no tener manejo de herramientas tecnológicas básicas como el celular o tablet, no podrá desenvolverse en la aplicación; mientras que con el joven de 15 años los resultados fueron contrarios, ya que además de reportar que ha visto aplicaciones similares, manifiesta estar conforme con las opciones que ofrece la aplicación, sugiere que en el lenguaje de señas se manejan abreviaturas, lo cual ya fue desarrollado en la aplicación y destaca además el fácil uso de la aplicacion.

Para finalizar se aplicó un test de satisfacción, se obtuvo que el adulto no logró aplicar la prueba, pero sugiere que desearía aprender sobre manejo de herramientas para poder tener una mejor comunicación; mientras el joven de 15 años otorga un puntaje de 7 para la aplicación, resaltando que lo más interesante de ésta es la facilidad de comunicación con personas que no manejen lenguaje de señas, además de la practicidad del teclado que ofrece lenguaje común y de señas.

Prueba en conjunto para mejoras, en esta parte se llevó a cabo una reunión con ASOPESOR, asociación de personas sordas Popayán, a quienes se les realizó la presentación general de la aplicación, explicándoles sus funciones y usos; además los asistentes lograron dar uso de la aplicación, con la ayuda de un traductor se logró tener una retroalimentación, expresando sus dudas, y sugerencias. En primera instancia, reportan que la idea de una aplicación que disminuya en algún nivel su dificultad de comunicación es de gran ayuda, manifiestan también que son pocas las aplicaciones que están encaminadas a solucionar un problema en personas sordas y que sea de uso libre. Luego de evaluarla entregaron algunas sugerencias respecto a la inclusión del lenguaje de señas en forma abreviada, lo cual ya fue implementado en la aplicación. Así se fue mejorando la herramienta móvil Beeth Eart por lo que se sigue en contacto con la asociación para futuras pruebas y mejoras.

7. Conclusiones y trabajo futuro

La interpretación del lenguaje de señas por parte de la aplicación móvil Beeth Eart, permite ampliar los canales, por lo cuales las personas sordas puedan comunicarse. Además que esta herramienta actualmente se adapta a los requerimientos y funcionalidades que las personas sordas requieren.

Por otra parte, es relevante tener en cuenta que en una época tan digital, es importante hacer inclusión de estas herramientas en todos los campos, el uso de la aplicación establece un nivel de comunicación acertada entre la persona sorda con la persona oyente. En lo que respecta al desarrollo de mejoras en el lenguaje de señas mediante imágenes con movimiento, se logró establecer que el uso de la aplicación fuese más fluido y con mayor facilidad, permitiendo una mayor interpretación por parte de las personas sordas.

En cuanto al desarrollo de trabajos a futuros, se proyecta generar una nueva versión de la aplicación Beeth-Eart, adaptada a ciertas características de comunicación como de tipo chat y se contempla la posibilidad de distribuir de manera gratuita la aplicación para las personas sordas y oyentes.

Referencias

Almenara, J Cabero. 1996. "Nuevas Tecnologías, Comunicación y Educación." http://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/689 (September 1, 2019).

"ASL Keyboard - Aplicaciones En Google Play." 2016. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mindrocketsinc.signskeyboard&hl=es (September 3, 2019).

Cano, S , Muï, J, Collazos, C, Amador, VB. 2015. "Aplicación Móvil Para El Aprendizaje de La Lectoescritura Con Fitzgerald Para Niños Con Discapacidad Auditiva." *br-ie. org*. http://br-ie.org/pub/index.php/wcbie/article/view/5983 (June 18, 2019).

"Design Thinking | Designthinking.Gal." 2012. https://designthinking.gal/que-es-el-design-thinking/ (May 31, 2019).

Educare, ES Duarte - Revista Electrónica. 2008. "Las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) Desde Una Perspectiva Social." *redalyc.org*. https://www.redalyc.org/pdf/1941/194114584020.pdf (September 1, 2019).

Gait, Roberto Carlos. 2013. "Revista Tecnológica Aplicación de Las TIC Para El Aprendizaje Del Lenguaje En Personas Sordas . Experiencia En El Centro Regional San Miguel . Revista Tecnológica." : 43–45.

Gerado Acevedo, Rosendo Flores, Sergio Lima, Baruch Alducin. 2008. "Lenguaje de Señas Por Celular." *Mexico*.

"Háblalo - Aplicaciones En Google Play." 2019. : https://hablalo.app/. https://play.google.com/store/apps/details?id=appinventor.ai_mateo_nicolas_salvatto.Sordos&hl=es (September 3, 2019).

Organizacion mundial de la salud. 2019. "Sordera y Pérdida de La Audición." https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss (September 4, 2019).

"Perfil Educativo de La Población Sorda En Colombia." 2014. http://www.insor.gov.co/observatorio/download/Perfil_educativo_sordos_Colombia_Jun01_-2015.pdf (September 4, 2019).

Revista Dinero. 2016. "Tecnología Para La Inclusión Social." https://www.dinero.com/edicion-impresa/especial-comercial/articulo/tecnologia-para-inclusion-social/36533 (September 4, 2019).

Sala Situacional de Las Personas Con Discapacidad (PCD) Ministerio de Salud y Protección Social Oficina de Promoción Social. 2018. https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PS/sala-situacional-discapacidad-junio-2018.pdf (May 17, 2019).

"Sordo Ayuda - Aplicaciones En Google Play." 2019. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.appybuilder.antonio_mercado_luque.Sordo_Deaf&hl=es (September 3, 2019).

"Sordo Ayuda Pro - Aplicaciones En Google Play." 2019. : hexxce@gmail.com. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.yeho.tuvoz&hl=es (September 3, 2019).

Tambo, MAT. 2016. "Traductor de Lenguaje de Señas Con Guante Electrónico y Aplicación Android." *revistasbolivianas.org.bo*. http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rit/v4n1/V4n1_a14.pdf (June 18, 2019).

Valenzuela, A, HE, Agüero, Beguerí, G. 2011. "Desarrollo de Entornos Interactivos Para Usuarios Sordos." *sedici.unlp.edu.ar*. http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/18787 (June 18, 2019).

Villegas, Samuel, Wilfredo Talledo, and Alfredo Barrientos Padilla. 2015. "Propuestas de Soluciones TIC Emergentes Para Personas Con Discapacidad." *Sinergia e Innovación* 3(1): 60. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/558844 (May 13, 2019).

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 23/09/2019
Aceitação/Acceptance: 16/11/2019

Proposta de um Método para Priorização de Projetos de Infraestrutura de TI

Priscilla de Araújo Farias, Cléber Mitchell de Lima, Simone Borges Simão Monteiro, Ana Carla Bittencourt Reis

priscillafarias.eng@gmail.com, clebermitchell@gmail.com, simoneborges@unb.br, anacarlabr@unb.br

Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil

Pages: 763–776

Resumo: O gerenciamento de portfólio de projetos tornou-se um desafio para as diversas organizações, uma vez constatada a necessidade de selecionar adequadamente os investimentos a serem realizados, no intuito de garantir que os objetivos estratégicos sejam alcançados de maneira mais eficiente. Dessa forma, este estudo propõe um método para a priorização de projetos utilizando uma matriz de qualidade baseada na ferramenta *fuzzy* QFD (*Quality Function Development)* e na técnica no PROMETHEE II. O método proposto foi aplicado no processo de gestão de portfólio de projetos de infraestrutura de Tecnologia da Informação do Centro Integrado de Telemática do Exército. Os resultados demonstram a aplicabilidade do método no cenário selecionado, de forma a melhorar o atual processo existente e possibilitar um adequado emprego dos recursos humanos e financeiros.

Palavras-chave: Gerenciamento de Portfólio; Seleção de Projetos; Matriz *Fuzzy* QFD; PROMETHEE II.

Proposal of a prioritizing method for IT infrastructure projects

Abstract: The management process of project portfolio has become a challenge for several organizations, since there is a need to properly select investments to be performed, aiming to ensure that the strategic objectives are achieved more efficiently. Therefore, this study proposes a method for project prioritization using a quality matrix based on the fuzzy QFD (Quality Function Development) tool and on the technique PROMETHEE II. The proposed method was applied to the Information Technology infrastructure project portfolio management process of Army Integrated Center for Telematics. The results demonstrate the applicability of the method within the selected scenario, in order to improve the current process and to enable a proper use of human and financial resources.

Keywords*:* Portfolio Management; Project Selection; Fuzzy QFD Matrix; PROMETHEE II.

1. Introdução

O processo de tomada de decisão relacionado à seleção e priorização de projetos é caracterizado por incertezas, devido à natureza dinâmica e complexa dos projetos e à subjetividade dos critérios geralmente utilizados para avaliação (Kerzner, 2018).

O PMI (*Project Management Institute*) recomenda que para compor um portfólio de projetos deve-se buscar o conjunto de benefícios a serem obtidos por meio de uma análise detalhada dos projetos potenciais (PMI, 2013).

Percebe-se, dessa forma, que há diversas variáveis que precisam ser consideradas durante a avaliação dos projetos. Uma análise inadequada pode resultar em investimentos desalinhados com os objetivos estratégicos da organização e, em consequência, os benefícios esperados podem não ser alcançados (Killen & Kjaer, 2012).

Para o Exército Brasileiro (EB), os Projetos Estratégicos são estabelecidos pelo Estado-Maior do Exército (EME) e atribuídos aos Órgãos de Direção Setorial (ODS) que são responsáveis por conduzir os trabalhos pertinentes às suas áreas de atuação (PEEx, 2017). Dessa forma, o Centro Integrado de Telemática do Exército (CITEx), na função de órgão gestor da infraestrutura de Tecnologia da Informação (TI), é responsável por gerenciar e conduzir o portfólio de projetos para construção e modernização da infraestrutura física e lógica de TI do Sistema de Informação do Exército (SINFOEx) (Livro I – CITEx, 2018).

No intuito de garantir o adequado emprego dos recursos financeiros e humanos nos projetos, o CITEX estabeleceu em seu Planejamento Estratégico (Livro II – CITEx, 2018), o processo "Gerenciar Portfólio" que estabelece os procedimentos necessários para uma adequada gestão do portfólio de projetos.

No entanto, atualmente, a avaliação dos projetos baseia-se, principalmente, na análise subjetiva do agente decisor, não apresenta critérios de seleção bem definidos e não dispõe de um método sistemático aplicável em um contexto de restrição dos recursos técnicos e orçamentários. Além disso, os projetos propostos, em sua maioria, quando requisitados, carecem de informações detalhadas que permitam o uso de técnicas tradicionais baseadas, principalmente, nos aspectos financeiros (Shollo & Constantiou, 2013).

Esse cenário de subjetividade pode resultar em riscos para a organização, por exemplo, na perda de investimento causada por mudanças abruptas de prioridade devido à troca do agente decisor, evento inerente ao ambiente militar. Com isso, os projetos podem ser interrompidos em estágios avançados, após uma grande quantidade de recursos ter sido aplicada na aquisição de insumos, contratação de serviços e capacitação de pessoal.

A ausência de critérios definidos pode, por sua vez, ocasionar uma avaliação equivocada e, por consequência, a aplicação de recursos em projetos desalinhados com os objetivos estratégicos da organização ou que não resultem nos benefícios esperados.

Assim, este trabalho tem o objetivo de fornecer uma base inicial de apoio à tomada de decisão quanto a priorização dos projetos de infraestrutura de TI conduzidos pelo CITEx, por meio de um método sistemático de avaliação que aplica os conceitos de matriz de qualidade, lógica *Fuzzy* e análise multicritério (MCDA).

2. Revisão da Literatura

A fundamentação teórica deste trabalho foi obtida por meio de uma revisão da literatura realizada a partir de diversos trabalhos científicos relevantes disponíveis nas bases de dados Web of Science, Scopus e Scielo. Os temas-chave utilizados foram gerenciamento de portfólio, métodos de análise multicritério e ferramenta de qualidade QFD (*Quality Function Development*) aplicados à seleção de projetos.

2.1. Gerenciamento de Portfólio

Devido à importância do tema, a literatura dispõe de variadas abordagens para o processo de gerenciamento de portfólio e, especificamente, para a atividade de priorização de projetos.

No trabalho desenvolvido por Angelou e Economides (2008) é apresentada a Teoria das Opções Reais (TOR) como uma técnica tradicional para a priorização do emprego de recursos em projetos, com limitações relacionadas a variáveis qualitativas de análise, propondo-se, para solucionar essas restrições, uma metodologia hibrída com aplicação do TOR combinada ao AHP (*Analytic Hierarchy Process*).

Por sua vez, Costantino, Di Gravo e Nonino (2015) descrevem uma técnica que aplica redes neurais artificiais com o objetivo de predizer a performance de um projeto com base nos fatores críticos de sucesso e na classificação de riscos, obtidos da experiência prévia dos gerentes em projetos passados.

Sobre o tema, Esfahani, Sobhiyah e Yousefi (2016) consideram o alinhamento estratégico do portfólio como fator determinante para o sucesso de uma organização. Assim, o trabalho dedica-se a desenvolver um algoritmo de busca harmônica aplicado em conjunto com a teoria moderna do portfólio, desenvolvida por Markowitz (1952).

No entanto, a maioria das pesquisas recentes sobre gerenciamento de portfólio e priorização de projetos abordam técnicas baseadas em métodos de análise multicritério, conforme apresentado na subseção 2.2.

2.2. Métodos de Análise Multicritério

A aplicação de métodos de análise de decisão multicritério apresenta-se na literatura como uma ferramenta eficiente para auxiliar gestores nos processos de tomada de decisão nos diferentes setores da organização, em especial, em cenários de maior complexidade de critérios, por exemplo, a seleção de projetos de um portfólio.

Para Tavana et al (2015), a seleção de projetos em uma organização é um assunto crítico, que requer planejamento, avaliação e controle para que os objetivos estratégicos sejam estabelecidos. Para isso, os autores propõem um modelo *fuzzy* híbrido de priorização de projetos, aplicando o DEA (*Data Envelopment Analysis)* para seleção inicial, o TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*) para ordenação dos projetos e o L-IP (*Linear Integer Programming*) para formação de um portfólio otimizado.

O caso de estudo realizado por Amiri (2010) considera a avaliação de 6 critérios para comparar investimentos da Companhia Nacional de Óleo Iraniana, aplicando a técnica

AHP para estruturação do problema e para estabelecer o peso dos critérios e o *fuzzy* TOPSIS para ordenação dos projetos.

A proposta apresentada por Shakhsi-Niaei, Torabi e Iranmanesh (2011) consiste em um framework para seleção de projetos em um ambiente de incertezas e restrições. Para isso, utiliza a simulação de Monte Carlo, em conjunto com PROMETHEE (*Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation*) para uma ordenação inicial dos projetos. Numa segunda etapa, a simulação de Monte Carlo é novamente aplicada, dessa vez associada ao IPM (*Integer Programming Module*) para realizar reodernações e chegar no portfólio apropriado.

Estudos recentes relacionados a seleção de projetos tem utilizado, também, adaptações da ferramenta de qualidade QFD para avaliação e ponderação dos critérios. Essas novas abordagens são apresentadas na subseção 2.3.

2.3. QFD (*Quality Function Development*)

A técnica QFD surgiu, inicialmente, para possibilitar a tradução dos requisitos dos clientes em atividades de desenvolvimento de produtos e serviços (Carnevalli & Miguel, 2008), visando, dessa forma, alcançar a satisfação dos usuários.

Essa ferramenta consiste na aplicação sucessiva, nas 4 fases de desenvolvimento de um produto, de matrizes, denominadas casas de qualidade, que correlacionam os requisitos de qualidade estabelecidos (WHATs) com os critérios técnicos (HOWs) referente ao estágio em questão (Zhang, 2019).

Nos trabalhos relacionados a seleção de projeto, no entanto, essa ferramenta é adaptada e as matrizes ou casas de qualidade são aplicadas de acordo com o contexto.

No estudo desenvolvido por Roghanian e Bazleh (2011), por exemplo, a primeira fase do QFD está associada a técnica TOPSIS e aplicada na seleção de projetos de BOT (*Build, Operate and Transfer*) considerando os fatores de riscos e os efeitos de cada um deles nas 4 principais perspectivas dos projetos: tempo, escopo, custo e qualidade.

A proposta apresentada por Bakirli, Gencer e Aydogan (2014) aplica o método AHP e duas matrizes da ferramenta QFD para, traduzir os requisitos das atividade militares em um conjunto de projetos que possa entregar as capacidades esperadas na área de defesa.

Para Jafarzadeh, Akbari e Abedin (2018), apesar da literatura apresentar uma grande variedade de trabalhos relacionados à seleção de projetos de um portfólio, essas metodologias falham ao não considerar, simultaneamente, a priorização dos critérios, a incerteza do processo de tomada de decisão e a interdependência entre os projetos. Assim, os autores propõem um método que combina QFD, lógica *fuzzy* e DEA para tratar os elementos não avaliados por técnicas predecessoras.

Com base nos resultados obtidos nos trabalhos citados, este estudo propõe um método que utiliza uma adaptação da matriz de qualidade extraída da técnica *Fuzzy* QFD para avaliação e ponderação dos critérios, em relação aos benefícios esperados, e a técnica PROMETHEE II para ordenação dos projetos.

3. Metodologia de Pesquisa

Este trabalho consiste na elaboração de um método de priorização de projetos, que contempla a aplicação de uma matriz de qualidade adaptada da ferramenta *Fuzzy* QFD e do método MCDA PROMETHEE II para seleção e priorização de projetos de um portfólio, em cenário de incerteza e limitação de recurso. Trata-se, portanto, de uma pesquisa de natureza aplicada, com abordagem quantitativa. O método foi aplicado no portfólio de projetos do CITEx.

As informações utilizadas foram extraídas do Planejamento Estratégico do CITEx (Livro I – CITEx, 2018; Livro II – CITEx, 2018) e por intermédio de questionários aplicados à 4 especialistas da Divisão de Projetos e Inovação (DPI), área responsável pela gestão dos projetos de TI, em um universo de 5 gerentes de projetos.

Esta pesquisa foi estruturada em 3 etapas, são elas: Descrição do Contexto, Elaboração do Método e Aplicação do Método.

A etapa de descrição do contexto, consiste em identificar, a partir de mapeamentos estratégico, os processos da organização que estão diretamente relacionados ao tema e, em seguida, estabelecer a atividade que pode resultar no menor desempenho do processo.

A etapa 2 tem o objetivo de estudar os principais conceitos e avaliar as técnicas aplicáveis ao gerenciamento de portfólio e definir as ferramentas mais adequadas ao contexto estabelecido.

A etapa 3 trata da aplicação do método e se divide em dois estágios. No primeiro deles, aplica-se uma matriz de qualidade adaptada da ferramenta *Fuzzy* QFD, para avaliação dos benefícios esperados pela organização, segundo o seu grau de importância. Em seguida, é estabelecida a relação entre os critérios estabelecidos e os benefícios. Por fim, obtêm-se a priorização dos critérios e os respectivos pesos.

O segundo estágio da aplicação do método consiste em avaliar os projetos do portfólio, individualmente, segundo os critérios estabelecidos. Essa análise é realizada pelo mesmo grupo de especialistas do estágio anterior. Após a análise, aplica-se a técnica PROMETHEE II na matriz de avaliação das alternativas para obter a ordenação e a priorização dos projetos.

4. Resultados

4.1. Descrição do Contexto

O CITEx, organização escolhida para esse estudo, possui uma estrutura organizacional baseada nos domínios previstos no COBIT (*Control Objectives for Information and related Technology*), na qual, o processo "Gerenciar Portfólio" é o que está diretamente relacionado à requisição, priorização e condução de projetos e, portanto, deve ser analisado detalhadamente para avaliação do contexto.

A partir das análises do processo "Gerenciar Portfólio" previsto no Planejamento Estratégico do CITEx (Livro II – CITEx, 2018), percebe-se que as limitações no desempenho

do gerenciamento de portfólio estão relacionadas, principalmente, à atividade "Priorizar Projetos" que hoje é realizada de forma subjetiva, com base na percepção pessoal dos agentes envolvidos, sendo, dessa forma, suscetível a variações constantes devido às periódicas mudanças nas equipes responsáveis e na Chefia no CITEx.

Ressalta-se, dessa forma, a importância de estabelecer um método sistemático aplicando-se técnicas e ferramentas adequadas que possam auxiliar no processo de tomada de decisão sobre a priorizaçao de projetos.

4.2. Elaboração do Método

Este estudo propõe um método híbrido para priorização de projetos composto por dois estágios. O primeiro consiste na utilização de uma matriz de qualidade adaptada da ferramenta *fuzzy* QFD para ponderação dos critérios e o segundo, emprega a técnica PROMETHEE II para ordenação dos projetos.

A matriz de qualidade foi escolhida para o primeiro estágio por, entre as opções disponíveis, apresentar os elementos necessários para tratar as incertezas e a subjetividade do processo de avaliação da importância e para calcular os pesos dos critérios, inserindo os benefícios esperados como variável de qualidade do processo em questão. Assim, as necessidades da organização podem ser refletidas na escolha e ponderação dos critérios de avaliação dos projetos (Jafarzadeh, Akbari & Abedin, 2018).

Os critérios foram extraídos da literatura, aplicados em um contexto de priorização de projetos de TI, conforme a Tabela 1.

Código	Critérios	Descrição
C1	Alinhamento Estratégico	Avaliar se o projeto se enquadra nas diretrizes e objetivos estabelecidos no Planejamento Estratégico da organização.
C2	Risco do Projeto	Avaliar os riscos do não cumprimento dos requisitos e objetivos do projeto.
C3	Requisitos Tecnológicos	Avaliar a necessidade de aquisição ou contratação de soluções tecnológicas externas.
C4	Complexidade	Analisar a complexidade do desenvolvimento e implementação do projeto.
C5	Dependência	Analisar a dependência do projeto em relação a outros projetos ou atividades da organização.
C6	Equipe	Avaliar o alinhamento entre as habilidades da equipe disponível e as necessidades do projeto.
C7	Impacto Financeiro	Avaliar o impacto financeiro do projeto – relação entre investimentos e ROI, VPL ou redução de custos.
C8	Transparência dos Requisitos	Avaliar se os requisitos do projeto estão claramente estabelecidos.
C9	Flexibilidade	Avaliar a capacidade de adaptação do projeto a variações de tempo, escopo e recursos.

Fonte: Adaptado de (Jafarzadeh, H.; Akbari, P.; Abedin, B., 2018).

Tabela 1 – Critérios Selecionados da Literatura

Cabe ressaltar que a definição dos critérios consiste em uma atividade fundamental em um processo de tomada de decisão, uma vez que esses parâmetros possibilitam a adequada elaboração do método e estabelecem a relação de preferências entre as alternativas existentes (Bouysoou, 1990).

Ainda da revisão da literatura, foram levantados os benefícios esperados de serem alcançados por meio da condução de projetos de TI, conforme Tabela 2.

Código	Benefícios
B1	Alcançar os objetivos estratégicos.
B2	Ampliar o valor dos serviços prestados.
B3	Atender às necessidades de serviços dos usuários.
B4	Minimizar os riscos institucionais.
B5	Ampliar o catálogo de serviços prestados.
B6	Aprimorar o desempenho organizacional.
B7	Garantir a gestão adequada das partes interessadas.

Fonte: Jafarzadeh, H.; Akbari, P.; Abedin, B. (2018).

Tabela 2 – Benefícios Esperados

O resultado esperado da aplicação da matriz de qualidade é a ponderação dos critérios com base na relação entre eles e os benefícios.

Para a priorização dos projetos, em um segundo estágio do método, propõe-se o uso do PROMETHEE II por tratar-se de uma técnica de análise multicritério capaz de estabelecer uma ordenação completa das alternativas, sem sobreposição, e ser aplicável em problemas de escolha (Macharis, 2004; Brans, Vincke & Mareschal, 1986). As alternativas, ou seja, os projetos são avaliados segundo cada um dos critérios estabelecidos, em seguida, ordenados por meio de uma comparação par a par, considerando-se os pesos estabelecidos na etapa anterior.

4.3. Aplicação do Método

Esta etapa é dividida em dois estágios e consiste na aplicação das técnicas selecionadas nas análises obtidas por intermédio de pesquisas realizadas com 4 especialistas (E1 a E4) da área de Gerenciamento de Projeto do CITEx que possuem conhecimento detalhado dos projetos em andamento e dos objetivos estratégicos organizacionais.

Estágio 1 – Validação e Ponderação dos Critérios.

Neste estágio, os critérios e benefícios selecionados da literatura são validados pelos especialistas da organização, que verificam a aplicabilidade deles ao cenário. Para este estudo, os 9 critérios definidos na Tabela 1 (C1 a C9) e os 6 benefícios da Tabela 2 (B1 a B7) foram validados.

Em seguida, os benefícios foram avaliados e classificados pelos especialistas, considerando o seu grau de importância para a organização. Para isso, foram utilizados os termos linguísticos apresentados na Tabela 3.

Muito Alta (MA)	Alta (A)	Média (M)	Baixa (B)	Muito Baixa (MB)
(9, 9, 7)	(9, 7, 5)	(7, 5, 3)	(5, 3, 1)	(3, 1, 1)

Fonte: os autores.

Tabela 3 – Termos Linguísticos Aplicados

Os resultados obtidos das análises dos benefícios (B1 a B7) realizadas pelo conjunto de especialistas (E1 a E4) são apresentados na Tabela 4.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
E1	MA	M	MA	A	M	A	MB
E2	MA	A	M	M	M	B	MA
E3	MA	A	MA	A	M	A	M
E4	MA	A	A	B	M	MB	B

Fonte: os autores.

Tabela 4 – Avaliação dos Benefícios

Aplicando-se a conversão dos termos linguísticos no número fuzzy triangular correspondente da Tabela 3, é possível, utilizando média aritmética, obter o valor agregado correspondente para os benefícios. O resultado pode ser observado na Tabela 5.

B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7
(9, 9, 7)	(8.5, 6.5, 4.5)	(8.5, 7.5, 4.5)	(7.5, 6.5, 3.5)	(7, 5, 3)	(6.5, 4.5, 3)	(6, 4.5, 3.5)

Fonte: os autores.

Tabela 5 – Matriz da Média Aritmética da Importância dos Benefícios

A matriz de média aritmética $\bar{W}_i$, apresentada na Tabela 5, é calculada segundo a Equação (1).

$$\bar{W}_i = \frac{1}{k}\sum_{x=1}^{k} w_{ix} \quad (1)$$

em que i corresponde ao benefício, x ao especialista avaliador e k é igual ao número total de avaliadores.

O próximo passo consiste em realizar a correlação entre os critérios (C1 a C9), apresentados na Tabela 1 e benefícios (B1 a B7). Para isso, os especialistas (E1 a E4) preencheram a matriz de correlação (B x C), utilizando termos linguísticos.

Em seguida, os termos linguísticos devem ser traduzidos para número *fuzzy* e, ao resultado, deve-se aplicar a média aritmética dos termos correspondentes, utilizando a Equação (2).

$$\bar{R}_{ij} = \frac{1}{k}\sum_{x=1}^{k}\tilde{r}_{ij} \quad (2)$$

em que i corresponde ao benefício, j ao critério, x ao especialista avaliador e k equivale ao número de avaliadores.

Os pesos dos critérios podem, dessa forma, ser obtidos pela Equação (3) e pode ser convertido em número absoluto (desfuzzificado) segundo a Equação (4).

$$\tilde{W}_j = \bar{W}_j x \bar{R}_{ij} \quad (3)$$

$$W_j = \frac{l_{\tilde{W}_j} + 2xm_{\tilde{W}_j} + u_{\tilde{W}_j}}{4} \quad (4)$$

Assim, o peso correspondente passa a ser representado pela Equação (5).

$$WC_j = \frac{W_j}{\sum_{j=1}^{n} W_j} \quad (5)$$

A Tabela 6 apresenta os valores de $\tilde{W}_j$, W_j , WC_j e a ordem de prioridade correspondente a cada um dos critérios (j).

Critério	$\tilde{W}_j$	W_j	$\mathbf{WC}_j$	**Prioridade**
C1	(437.75, 376.5, 270.5)	365.31	0.136	2º
C2	(390.75, 311, 215.25)	307	0.114	5º
C3	(366, 263.5, 160.5)	263.38	0.098	7º
C4	(333, 227, 134)	230.25	0.085	9º
C5	(353.25, 254, 154.5)	253.94	0.094	8º
C6	(403, 323.5, 224.75)	318.69	0.118	3º
C7	(440.5, 310.5, 208)	307.38	0.114	4º
C8	(448.25, 374.25, 268.25)	366.25	0.136	1º
C9	(378.75, 281, 182.75)	280.88	0.104	6º

Fonte: os autores.

Tabela 6 – Ordenação e Peso dos Critérios

Observa-se que os pesos dos critérios, em geral, tiveram uma variação pequena, resultado que corrobora a aplicabilidade deles para o contexto estabelecido neste estudo.

Uma vez definidos os pesos dos critérios, o próximo estágio consiste em aplicar o método PROMETHEE II para ordenação dos projetos.

Estágio 2 – Priorização dos Projetos.

Neste estágio, os 14 projetos (P1 a P14) selecionados do portfólio do CITEx foram avaliados, individualmente, e pontuados para cada um dos critérios estabelecidos, com notas de 1 a 10, em que 1, representa a ausência de aderência ao critério e 10, a conformidade total com ele. A média aritmética do resultado obtido dos 4 especialistas nessa avaliação dos projetos encontra-se na Tabela 7.

Projeto	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
P1	10	8,5	6,5	5,25	5,25	6,5	7,25	8,75	6,75
P2	7,75	5,5	9,75	8,5	8	7,25	6,75	7,5	6,25
P3	10	8,25	7,25	8	8,25	8,25	8,75	7	7,75
P4	7,75	4,25	3,75	6	7,5	6	8	7	6,25
P5	9	7,5	8,75	9	4	7	7,25	8	6,5
P6	9	7,25	8,75	5	4,75	6,25	7,75	8,75	6,5
P7	8	6,5	7,5	6,25	5	7,25	6,25	6,25	6
P8	7,25	5	7	6,5	7,25	6,75	6,5	6,25	5,5
P9	9,25	7,5	7	8,5	5,75	7,25	7	5,5	6,25
P10	8,75	7,75	5,25	7,5	6,5	6,25	6,5	5,5	6,25
P11	7	5,75	7	5	3	4,25	5,25	4,75	5,75
P12	8,25	7,5	9,75	9	4,25	7	7,25	7,75	6,5
P13	9	7,25	5,25	6,25	3,5	6,25	6	5,25	5,25
P14	9	6	4	5,5	3,5	5,5	5	6,25	5,25

Fonte: os autores.

Tabela 7 – Média Aritmética das Avaliação dos Projetos

A avaliação da Tabela 7 é aplicada no software Visual PROMETHEE da VPSolutions (PROMETHEE-GAIA, 2018) que baseia-se na metodologia PROMETHEE & GAIA (Brans & Mareschal, 1994) e resulta na ordenação completa das alternativas.

O PROMETHEE II prevê a classificação dos critérios em 6 tipos diferentes (Almeida & Costa, 2002). Neste estudo, optou-se por definir todos os critérios como usual, uma vez que a escala de avaliação utilizada considera apenas valores discretos.

O PROMETHEE II baseia-se na comparação par a par entre as alternativas, utilizando as relações $g_j(a)$ e $g_j(b)$ que correspondem ao valor do critério "j" atribuído às alternativas "a" e "b", respectivamente, e a função de preferência do critério para a sobreclassificação de "a" em relação a "b" representado por $F(a,b)$. Para critérios usuais, tem-se as funções de preferência dadas pela Equação (6).

$$g_j(a) - g_j(b) > 0 \Rightarrow F(a,b) = 1 \quad (6)$$

$$g_j(a) - g_j(b) \leq 0 \Rightarrow F(a,b) = 0$$

Uma vez determinadas as funções de preferência, deve-se obter o grau de sobreclassificação entre as alternativas definida pela Equação (7).

$$\pi(a,b) = \frac{1}{p}\sum_{j=1}^{n} p_j F_j(a,b) \quad (7)$$

em que $P = \sum_{j=1}^{n} p_j$.

O próximo passo consiste em ordenar as alternativas com base nos dados de fluxo, da seguinte forma (Almeida & Costa, 2002):

ordem decrescente do fluxo de saída dado por $\Phi + (a) = \sum \grave{A}(a,b)$, que representa a intensidade de preferência da "a" sobre todas as alternativas; e

ordem crescente do fluxo de entrada dado por $\Phi - (a) = \sum \grave{A}(b,a)$, que representa a intensidade de preferência de todas as alternativas sobre "a".

Por fim, o método PROMETHEE II prevê a ordenação completa das alternativas utilizando o fluxo líquido Φ dado pela diferença entre o fluxo de entrada e de saída $\Phi = \Phi+ - \Phi-$ (Almeida & Costa, 2002).

A ordenação das alternativas obtida a partir da avaliação do fluxo líquido do PROMETHEE II está apresentado na Tabela 8.

1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º	13º	14º
P3	P5	P1	P12	P6	P9	P2	P10	P7	P4	P8	P13	P14	P11

Fonte: os autores (Resultado gerado pelo *software Visual PROMETHEE).*

Tabela 8 – Ordenação dos Projetos

De forma geral, com pequenas variações, o método proposto resultou em uma ordenação coerente com o cenário de investimentos atual da organização e com a análise empírica dos especialistas, avaliada por meio de uma comparação com os resultados de uma pesquisa de priorização realizada no início deste trabalho sem que fossem apresentados elementos e critérios técnicos de análise.

Percebe-se, portanto, uma relação de conformidade entre a análise realizada dos benefícios e critérios no estágio 1, a avaliação dos projetos segundo os critérios definidos e a percepção empírica dos especialistas sobre a importância institucional dos projetos do portfólio.

Por outro lado, o resultado também refletiu um alinhamento com os objetivos estratégicos da organização, uma vez que os projetos priorizados estão diretamente relacionados à Visão de Futuro do SisTEx, que consiste, em síntese, em manter-se como o principal provedor de serviços de TI do EB. Tratam-se, dessa forma, de projetos estruturantes que servem para estabelecer e aprimorar a infraestrutura de TI do SINFOEx.

Além disso, com a aplicação de técnicas que levam em consideração os benefícios esperados das entregas dos projetos, a ordenação resultante aponta para o atendimento otimizado desses benefícios, ou seja, em um cenários de restrição de recursos humanos e financeiros, a priorização estabelece uma relação dos projetos que mais podem contribuir para as metas da organização.

Dessa forma, uma vez que há alinhamento estratégico e que os investimentos estão direcionados para otimização dos benefícios, espera-se que, com a aplicação do método proposto, ao considerar critérios de análise e por basear-se em ferramentas de qualidade e em técnicas de análise multicritério, os riscos identificados devido à subjetividade do processo de gestão de portfólio sejam mitigados.

4. Conclusões

A natureza dinâmica da maioria das organizações tem aumentado o número de incertezas e riscos de suas atividades, o que amplia a complexidade do processo de tomada de decisão, em especial, no que se refere aos investimentos.

Nesse contexto, a melhoria do processo de gestão de portfólio tem sido alvo de recorrentes trabalhos de pesquisa, com a proposição de técnicas capazes de tratar as incertezas e riscos associados a investimentos em projetos.

Os métodos tradicionais, mais conhecidos e aplicados na maioria das organizações, levam em consideração, principalmente, variáveis quantitativas, que em alguns casos podem não ser totalmente conhecidas em projetos em fase inicial de proposição.

Para o Exército Brasileiro, por tratar-se de uma instituição que não visa lucros, e sim, contribuir para a sociedade, as variáveis econômicas, embora importantes, não devem ser decisivas na decisão sobre a implementação dos projetos. Portanto, esse contexto deve considerar, também, variáveis qualitativas.

O CITEx, sendo responsável pelos projetos de infraestrutura de TI do EB, precisa realizar a gestão adequada do seu portfólio, baseando-se em critérios técnicos e, também, nos benefícios que se espera alcançar, de forma a contribuir com os objetivos estratégicos do Exército Brasileiro.

Este trabalho emprega uma matriz de qualidade baseada na ferramenta *Fuzzy* QFD para realizar a ponderação dos critérios selecionados para avaliação dos projetos. Esse método foi escolhido, principalmente, por contemplar a análise dos benefícios esperados, variáveis necessárias ao contexto apresentado, correlacionadas com os critérios definidos para a avaliação dos projetos.

Para a ordenação dos projetos, no entanto, a técnica PROMETHEE II apresenta-se como mais adequada ao contexto, por tratar-se de uma método multicritério aplicável em um

contexto não compensatório e que permite a comparação par a par entre as alternativas avaliadas.

Os resultados obtidos demonstram a aplicabilidade do método proposta para a priorização de projetos no âmbito do CITEx, uma vez que as análises realizadas pelos especialistas da organização mantêm-se coerentes durante todo o estudo, refletindo-se numa equiparação entre a ordenação resultante das técnicas empregadas e a obtida, em fase preliminar da pesquisa, sem orientação ou critérios definidos.

Assim, apesar do processo de priorização ainda basear-se em avaliações subjetivas de especialistas, a análise dos projetos segundo critérios e benefícios previamente definidos e a aplicação de ferramentas de qualidade e de análise multicritério, tratam as incertezas e miniminizam os riscos inerentes ao processo de tomada de decisão.

Referências

Almeida, A. T. & Costa, A. P. C. S. (2002). Modelo de Decisao Multicriterio para Priorizacao de Sistemas de Informacao com Base no Metodo PROMETHEE. *Revista Gestão & Produção*, 9(2), 201-214.

Amiri, M. P. (2010). Project Selection for Oil-filds Development by Using the AHP and Fuzzy TOPSIS Methods. *Expert Systems With Applications*, 37, 6218-6224.

Angelou, G.N. & Economides, A. A. (2008). A decision Analysis Framework for Prioritizing a Portfolio of ICT Infrastructure Projects. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 55(3), 479-495.

Bakirli, B. B., Gencer, C. & Aydogan, E. K. (2014). A Combined Approach for Fuzzy Mult-objective Multiple Knapsack Problems for Defense Project Selection. *Journal of the Operational Research Society*, 65, 1001-1016.

Bouysoou, D. (1990). Building Criteria: A Prerequisite for MCDA. *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*. 58-80.

Brans, J. P., Vincke, Ph. & Mareschak, B. (1986). How to Select and How to Rank Projects: The PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, 24(2), 228-238.

Brans, J. P. & Mareschal, B. (1994). The PROMCALC & GAIA Decision Support System for Multicriteria Decision Aid. *Decision Support Systems*. North Holland, 12, 297-310.

Brasil. Portaria 1.042, de 12 de agosto de 2017, Aprova o Plano Estratégico do Exército 2016- 2019/3ª Edição, integrante da Sistemática de Planejamento Estratégico do Exército, e dá outras providências. Boletim Especial do Exército Nº 06/2017: Comandante do Exército.

Carnevalli, J. A. & Miguel, P. C. (2008). Review, Analysis and Classification of the Literatura on QFD – Types of Research, Difficulties and Benefits. *International Journal of Production Economics*, 114(2), 737-754.

CITEx. Planejamento Estratégico Organizacional do CITEx – Livro I. 2018.

CITEx. Planejamento Estratégico Organizacional do CITEx – Livro II. 2018.

Costantino, F., Di Gravio, G. & Nonino, F. (2015). Project Selection in Project Portfolio Management: An Artificial Neural Network Model Based on Critical Success Factors. *International Journal of Project Management*, 33(8), 1744-1754.

Esfahani, H.N., Sobhiyah, M.H. & Yousefi, V.R. (2016). Project Portfolio Selection via Harmony Search Algorithm and Modern Portfolio Theory. *Procedia - Social and Behavioral Science*, 226, 51-58.

Jafarzadeh, H., Akbari, P. & Abedin, B. (2018). A Methodology for Project Portfolio Selection under Criteria Priorisation, Uncertainty and Projects Interdependency – Combination of Fuzzy QFD and DEA. *Expert Systems With Applications*, 110, 237-249.

Kerzner, H. (2018). Project Management Best Practices: Achieving Global Excellence. *International Institute for Learning*, New York, 4°ed.

Killen, C. P. & KJAER, C. (2012). Understanding Project Interdependencies: The Role of Visual Representation, Culture and Process. *International Journal of Project Management*, 30, 554-566.

Macharis C. et al. (2004). PROMETHEE and AHP: The Design of Operational Synergies in Multicriteria Analysis. Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP. *European Journal of Operational Research, 153, 307-317.*

Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77-91.

Project Management Institute (PMI) (2013). A guide to the project management body of knowledge (Guia PMBOK®). Pennsylvania: *Project Management Institute, Inc.*, 5. ed.

PROMETHEE – GAIA Software. Versao Academica. Disponivel em: <http://www.promethee-gaia.net/software.html>. Acesso em: 17 may. 2019.

Roghanian, E. & Bazleh, A. (2011). An Approach in BOT Project Selection Based on Fuzzy QFD and TOPSIS with Consideration of Risk. *The 3rd Conference on Thermal Power Plants*.

Shakhsi-Niaei, M., Torabi, S. A. & Iranmanesh, S. H. (2011). A Comprehensive Framework for Project Selection Problem under Uncertainty and Real-World Constraints. *Computers & Industrial Engineering*, 61, 226-237.

Shollo, A. & Constantiou, I. D. (2013). IT Project Prioritization Process: The Interplay of Evidence and Judgment Devices. *ECIS 2013 - Proceedings of the 21st European Conference on Information Systems*.

Tavana, M.; et al. (2015). A Fuzzy Hibrid Project Portfolio Selection Method Using Data Envelopment Analysis, TOPSIS and Integer Programming. *Expert Systems With Applications*, 42, 8432-8444.

Zhang, X. (2019). User Selection for Collaboration in Product Development Based on QFD and DEA Approach. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 30, 2231-2243.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies

Recebido/Submission: 30/09/2019
Aceitação/Acceptance: 19/11/2019

Selección de indicadores para la implementación de un IDS en PYMES

Nelson Darío Pantoja[1], Siler Amador Donado[2], Katerine Márceles Villalba[3]

dariopantoja@unimayor.edu.co[1], samador@unicauca.edu.co[2], kmarceles@unimayor.edu.co[3]

[1, 3] Facultad de Ingeniería, Institución Universitaria Colegio Mayor del Cauca, Carrera 7 N° 2-34 Edificio Bicentenario, 190003, Popayán- Cauca, Colombia.

[2] Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, Carrera 2 #4N-140, 190003, Popayán- Cauca, Colombia

Pages: 777–785

Resumen: Actualmente se dispone de muchas posibilidades al elegir un sistema detector de intrusos, pero ¿Cuál es el adecuado para ser usado en pequeñas y medianas empresas (PYMEs)? gracias a esta pregunta, el presente artículo trata de proponer una alternativa en el momento de la selección de un IDS en base a criterios previamente definidos por una PYMEs a partir de sus necesidades en lo que respecta a lo finaciero y a nivel de infraestructura de seguridad. Es de aclarar que el estudio es una propuesta, la cual puede ser ajustada a los criterios que el lector considere necesarios.

Palabras-clave: IDS, Propuesta, PYME, Revisión, Seguridad.

Selection of indicators for the implementation of an IDS for SMEs

Abstract: Many possibilities are currently available when choosing an intrusion detector system, but which one is suitable for use in small and medium-sized enterprises (SMEs)? Thanks to this question, the present article tries to propose an alternative at the time of the selection of an IDS based on criteria previously defined by an SME based on their needs in terms of financing and security infrastructure level. It is clear that the study is a proposal, which can be adjusted to the criteria that the reader considers necessary.

Keywords*:* IDS, Proposal, PYME, Revision, Security.

1. Introducción

A medida que el tiempo avanza, la protección en cuestiones de seguridad de la información y seguridad informática ofrece cada vez más alternativas para proteger los principales activos de una organización, como por ejemplo: la red de datos interna o la información resguardada en una base de datos, entre otros activos tanto digitales como físicos que se pueden encontrar; por lo tanto, se creería que con el transcurrir

del tiempo un activo con alto grado de sensibilidad para cualquier organización se encuentra perfectamente resguardado y protegido, pero no es del todo cierto; por lo que los atacantes o perpetradores también buscan nuevas formas de vulnerar un sistema o comprometer los activos de información más importantes y sensibles, ocasionando una búsqueda constante de la mejora en protección con respecto a la seguridad de la información y la seguridad informática. Una alternativa propuesta con el tiempo han sido los IDS (Sistemas detectores de intrusos), estos sistemas pueden llegar ayudar a las organizaciones a proteger sus activos. El funcionamiento de un IDS, consiste en políticas o reglas configuradas de tal manera que permita identificar el comportamiento no deseado dentro de la organización, un ejemplo de configuración podría ser el bloqueo de conexión de una dirección externa a la red de la entidad tratando de conectar a uno de los servidores.

La importancia de los IDS dentro de una organización, consiste en la peculiaridad de poder configurar a la medida lo que es permitido y lo que no lo es. Para las pequeñas y medianas empresas y/o organizaciones existe una ventaja mayor, radica en lo accesible que puede llegar a ser la implementación de un IDS dentro de la empresa y/o organización, destacando el factor económico que esto conlleva, es decir, la facilidad con que las PYMEs pueden llegar ha implementar un sistema detector de intrusos para proteger sus activos sin costos monetarios elevados y garantizando un factor de seguridad bastante robusto, dado que las grandes empresas tienen una mayor posibilidad de destinar una parte considerable de su inversión económica en los departamentos de tecnología, en especial de seguridad de la información, y aunque existen empresas que emplean los IDS con licencias de libre uso, estas pueden mejorar su infraestructura e invertir en personal especializado para sectores específicos; mientras esto sucede con estas corporaciones, las pequeñas empresas buscan alternativas de menor costo y con gran efectividad en protección de sus activos. Las PYMEs no poseen una solvencia económica y de inversión que sea comparable a las grandes empresas y para ello una gran solución son los IDS con licencias de libre uso. Estos IDS son respaldados por comunidades que se dedican a la mejora continua de estos softwares, lo cual hace de ellos herramientas lo bastante robustas para la protección de sistemas de información o cualquier activo.

Aquí se establece una propuesta de selección de un IDS en base a criterios preestablecidos soportados por una revisión conceptual y funcional de los mismos, también se identifican los IDS más comunes y de mayor aceptación por las diferentes comunidades. Se aclara que la propuesta puede ser modificada según lo considere el lector a partir de sus necesidades y requerimientos.

2. Aspectos Conceptuales

A continuación se mencionan algunos aspectos claves para entender los conceptos relacionados con IDS.

2.1. Definición IDS vs IPS

Según un artículo publicado en 2012, titulado, "*a brief Introducition to Intrusion Detection System*" (A. B. Mohamed, Idris, & Shanmugum, 2012), un IDS está definido como un sistema de seguridad que actúa para la protección de la infraestructura, a su vez

permite la gestión de acceso tanto internamente como externamente, permitiendo así la negación de peticiones o conexiones no autorizadas dentro del margen establecido en la implementación de un IDS.

Existen definiciones similares en cuanto a IDS se menciona, la mayoría dando referencia a la virtud del acceso no autorizado a la infraestructura por parte de agentes externos, además de esto, existen definiciones como en el artículo "*Intrusion detection model using machine learning algorithm on Big Data environment"* (Mohammed Othman, Ba-Alwi, Alsohybe, & Al-Hashida, 2018) que hacen referencia a la capacidad que poseen los IDS para monitorizar y analizar el flujo de datos de la infraestructura de red en la que se encuentre, es decir pueden verificar el tráfico de red conforme los ajustes o previas configuraciones que estos posean.

Por definición, los IPS (Sistema de prevención de intrusos) son aquellos que pueden analizar y detectar la actividad maliciosa dentro de la infraestructura de red donde este se encuentre, pero además de realizar estas tareas también es capaz de lanzar una contramedida según corresponda a la alerta detectada (Holtsnider & Jaffe, 2012). También se aprecia que los IPS forman parte esencial dentro de una entidad, estos brindan un aporte fundamental para estrategias de seguridad dentro de la misma, según se menciona en el capítulo "*Recognition Strategies: Intrusion Detection and Prevention*" del libro "*Introduction to Information Security*" (Shimeall & Spring, 2014).

Según las definiciones anteriores, es claro identificar que su diferencia radica en el evento posterior cuando se detecta una alerta o evento de carácter malicioso para la infraestructura de red, es decir, un IDS se enfocará en el monitoreo y lanzamiento de alertas, mientras que un IPS podrá ser configurado para una reacción a estas alertas o eventos.

Para reconocer claramente y de manera precisa la diferencia entre un IDS y un IPS, es fácil establecer que el IPS genera acciones de respuesta conforme el análisis y el monitoreo de la infraestructura de red, según se menciona en el artículo "*Difference between Intrusion Detection System (IDS) and Intrusion Prevention System (IPS)*" (Ashoor & Gore, 2011).

2.2. Tipos de IDS

Existen diferentes tipos de IDS, segun "*The InfoSec Handbook*" (Rao & Nayak, 2014), en uno de los capítulos del libro se mencionan dos tipos de IDS, los cuales son los siguientes:

- Tipo Host: Estos HIDS (Host Intrusion Detection System) están enfocados en la protección de los dispositivos finales y/o los recursos de red, su funcionamiento es de manera local.
- Tipo Network: Estos NIDS (Network Intrusion Detection System) están enfocados en el monitoreo del tráfico de red para la detección de ataques o comportamiento malintencionado. Su ubicación dentro de la infraestructura de red puede variar según las necesidades y objetivos que se deseen cumplir.

También es posible encontrar un tercer tipo de IDS, el cual es empleado para ambientes de *Cloud Computing* o también en ambientes de almacenes de datos, estos se les conoce

como *Tipo Distribuido*, pero su funcionamiento es similar a los *Tipo Network* (I. Mohamed, Karim, & Mustapha, 2018).

Otras definiciones para los DIDS se pueden conocer en artículos como "*Cooperating Security Managers: distributed intrusión detection systems*" (White & Pooch, 1996), el cual menciona que son sistemas capaces de obtener información del tráfico de red de diferentes fuentes para generar un campo de alerta mucho más amplio y detallado de las actividades o eventos de carácter malicioso. Normalmente empleados para el gran manejo de datos.

2.1. Tendencias en implementación de los IDS

Los softwares IDS que se encuentran actualmente son numerosos pero siempre existirá una tendencia de uso, dentro de los cuales se encuentran:

- OSSEC
- Snort
- Suricata
- Bro Network Security Monitor
- Open WIPS NG
- Samhain
- Fail2Ban
- AIDE
- Security Onion
- Sagan
- SolarWinds

Es importante precisar que estos listados de IDS son de fácil búsqueda en revistas informativas virtuales o en páginas web tecnológicas, tales como "*comparitech.com*" (Cooper, 2019) o también en "*addictivetips.com*" (Larue-Langlois, 2018).

3. Trabajos Relacionados

En la actualidad los estudios referentes a los IDS son alternativas que se brindan a la comunidad en general para rescatar información relevante que se desee implementar en una infraestructura de red como en pequeñas y medianas empresas.

Hay estudios sobre IDS que apuntan a un entorno de protección, como por ejemplo un ataque de *denegación de servicios* o defensa de un *escaneo de puertos*, tal es el caso del articulo llamado "*Implementing an Intrusion Detection and Prevention System Using Software-Defined Networking: Defending Against Port-Scanning and Denial-of-Service Attacks"* (Birkinshaw, Rouka, & Vassilakis, 2019). Articulos como este dan una perspectiva de lo que se puede lograr con una configuración adecuada del IDS para proteger la red en la cual sea implementado.

Otros trabajos como "Alarm Clustering for Intrusion Detection Systems in Computer Networks" (Perdisci, Giacinto, & Roli, 2006), donde menciona que los administradores o encargados de red revisaban las alarmas detectadas de manera manual, a medida que las alarmas aumentaban era más difícil atender estos procedimientos, lo que ocasionó

que surgieran propuestas de herramientas que agrupen dichas alarmas para optimizar su atención y tratamiento. El artículo propone nuevas estrategias para la agrupación de dichas alarmas.

También es posible encontrar otros trabajos de IDS enfocados a la protección de información en bases de datos, como lo es "*Intrusion Detection in Database Systems*" (Rafsanjani, Sohrabi, & Javidi, 2010). Este artículo establece la necesidad de proteger la información de una entidad mediante el uso de IDS, esto con el fin de asegurar la integridad de los datos. La gran mayoría de la información es alojada en motores de base de datos y lo que se busca es proteger de intrusiones o accesos no autorizados al sistema, se utilizan configuraciones de IDS mediante políticas o reglas para verificar quien posee los privilegios para el manejo de la información almacenada.

Existen a su vez estudios como "*Host-Based Anomaly Intrusion Detection*" (Hu, 2010) que muestra un panorama de los IDS de acuerdo a la configuración de comportamientos definidos, es decir, estos IDS se basan en comportamientos de red que se consideren seguros y que sean aprobados por los administradores de red, para que cuando algún evento sea diferente al comportamiento establecido el IDS reporte la anomalía y lance su respectiva alerta inmediata.

4. Análisis Comparativo

Dentro de la información investigada acerca de las tendencias de uso e implementación de IDS se genera la siguiente tabla conforme a características similares entre los mismos:

ID	Nombre	Tipo de licencia	Tipo IDS (HIDS o NIDS)	Plataforma				Interfaz gráfica
				Mac	Linux	Windows	Unix	
1	OSSEC	Gratuita	HIDS	SI	SI	SI	SI	SI
2	Snort	Gratuita	NIDS	NO	SI	SI	SI	NO
3	Suricata	Gratuita	NIDS	SI	SI	SI	SI	SI
4	Bro Network Security Monitor	Gratuita	NIDS	SI	SI	NO	SI	SI
5	Open WIPS NG	Gratuita	NIDS	NO	SI	NO	NO	NO
6	Samhain	Gratuita	HIDS	SI	SI	NO	SI	SI
7	Fail2Ban	Gratuita	HIDS	SI	SI	NO	SI	NO
8	AIDE	Gratuita	HIDS	SI	SI	NO	SI	NO
9	Security Onion	Gratuita	Ambas	NO	SI	NO	NO	SI
10	Sagan	Gratuita	Ambas	SI	SI	NO	SI	SI
11	SolarWInds	Pago	Ambas	NO	NO	SI	NO	SI

Tabla 1 – Listado IDS

En la tabla anterior se observa una clasificación de acuerdo a la identificación de aspectos comunes entre los diferentes IDS, como lo es el *Tipo de licencia*, esta puede ser de pago o gratuita. Se encuentra también el *Tipo de IDS*, la cual puede ser de tipo HIDS o NIDS. *Plataforma*, esta puede llegar a ser bajo el sistema Mac, Linux, Windows o Unix. Por último, *Interfaz gráfica*, este ítem que otorga información si el IDS posee o no dicha interfaz.

Cabe destacar que a pesar de que los IDS posean características comunes (ver Tabla 1), hay ítems en los que no coinciden en su totalidad, como por ejemplo: el Tipo de IDS, estos elementos diferenciadores en los que no coinciden pueden significar en la selección de los mismo para las PYMEs, mientras que para algunas entidades les es suficiente con IDS tipo HIDS, otras preferirán tipo NIDS. A continuación se mencionaran aspectos para una propuesta de selección de IDS considerando las apreciaciones de las pequeñas y medianas empresas.

5. Propuesta de selección de indicadores para IDS en PYMEs

Una vez determinado las características comunes de los IDS, se pueden generar métricas con la propuesta de algunos indicadores, esto ayudará a las PYMEs a dar un valor cuantitativo frente a la selección de un IDS para su infraestructura de red.

Debido a que los datos obtenidos de los IDS son de carácter cualitativo se procede a realizar una normalización de los datos para cada ítem de la *Tabla 1*. La correspondencia de los ítems será evaluada de 1 a 5 puntos, a excepción del ítem *Plataforma*, así:

- Tipo de licencia: Gratuita (5 puntos), Paga (1 punto).
- Tipo IDS: HIDS (1 punto), NIDS (3 puntos), ambos (5 puntos).
- Plataforma: Debido a que son 4 diferentes sistemas operativos, se dividen los 5 puntos máximos alcanzables entre 4 y si el IDS cuenta con el sistema operativo se le añadirán 1,25 puntos, de no ser así, 0 puntos, el resultado final será la suma total de los sistemas operativos en los que opere.
- Interfaz gráfica: Si (5 puntos), No (1 punto).

El resultado de la normalización de los datos es el siguiente:

ID	Nombre	Tipo de licencia	Tipo IDS (HIDS o NIDS)	Plataforma				Interfaz gráfica
				Mac	Linux	Windows	Unix	
1	OSSEC	5	1	1,25	1,25	1,25	1,25	5
2	Snort	5	3	0	1,25	1,25	1,25	1
3	Suricata	5	3	1,25	1,25	1,25	1,25	5
4	Bro Network Security Monitor	5	3	1,25	1,25	0	1,25	5
5	Open WIPS NG	5	3	0	1,25	0	0	1
6	Samhain	5	1	1,25	1,25	0	1,25	5
7	Fail2Ban	5	1	1,25	1,25	0	1,25	1

ID	Nombre	Tipo de licencia	Tipo IDS (HIDS o NIDS)	Plataforma				Interfaz gráfica
				Mac	Linux	Windows	Unix	
8	AIDE	5	1	1,25	1,25	0	1,25	1
9	Security Onion	5	5	0	1,25	0	0	5
10	Sagan	5	5	1,25	1,25	0	1,25	5
11	SolarWInds	1	5	0	0	1,25	0	5

Tabla 2 – Normalización ítems IDS

Estos puntajes pueden variar según la escala que se proponga, por ejemplo, pequeñas y medianas empresas pueden cambiar los puntajes de una escala 0 a 5 por una escala 0 a 100.

Los indicadores para la selección serán catalogados de la siguiente forma:

- Tipo de licencia – 30%
- Tipo de IDS – 40%
- Plataforma - 20
- Interfaz gráfica – 10%

Los porcentajes y valores dados pueden ser modificados de acuerdo a las necesidades de las PYMEs, por ejemplo: dando mayor porcentaje al tipo de IDS y dentro de este dar mayor puntuación ha alguno de los tipos que se posee, o también dando mayor puntaje de acuerdo a un sistema operativo especifico que las empresas tengan la necesidad de implementar el IDS. Es claro que estos valores están sujetos a cambios conforme la necesidad que se posea, la anterior es la propuesta presentada generando los siguientes resultados de calificación:

ID	Nombre	Tipo de licencia (30%)	Tipo IDS (40%)	Plataforma (20%)	Interfaz gráfica (10%)	Puntaje total
1	OSSEC	1,5	0,4	5	0,5	7,4
2	Snort	1,5	1,2	3,75	0,1	6,55
3	**Suricata**	**1,5**	**1,2**	**5**	**0,5**	**8,2**
4	Bro Network Security Monitor	1,5	1,2	3,75	0,5	6,95
5	Open WIPS NG	1,5	3	1,25	0,1	5,85
6	Samhain	1,5	0,4	3,75	0,5	6,15
7	Fail2Ban	1,5	0,4	3,75	0,1	5,75
8	AIDE	1,5	0,4	3,75	0,1	5,75
9	Security Onion	1,5	2	1,25	0,5	5,75
10	Sagan	1,5	2	3,75	0,5	7,75
11	**SolarWInds**	**0,3**	**2**	**1,25**	**0,5**	**4,05**

Tabla 3 – Resultados selección IDS

En la *Tabla 3,* se puede observar el resultado de las puntuaciones según las características cuantitativas transformadas a un puntaje cualitativo, este resultado permite ayudar en la selección del IDS para las PYMEs, quien para este caso luego del análisis realizado *Suricata* obtuvo el mayor puntaje dentro del conjunto de IDS identificados con una valoración de 8,2 pts; por otro lado, el menor puntaje obtenido fue por *SolarWinds*, influyendo el tipo de licencia y el tipo de plataforma en cuanto a su implementación.

6. Conclusiones

Como primera conclusión se determina que los IDS ayudan a la infraestructura de red conforme las necesidades empresariales que se posean y su configuración. Estas entidades ven la necesidad de resguardar sus dispositivos finales o su red en general mediante mecanismos que alerten de las actividades maliciosas que se lleven contra la misma. Es claro que la selección de IDS puede variar según los criterios que defina cada empresa, mientras que algunas entidades buscaran proteger su infraestructura con IDS tipo Host, otras buscaran protegerse de ataques con IDS tipo NIDS. La selección del IDS adecuado debe partir de lo que busca la empresa para así, dar mayor peso cuantitativo a los ítems importantes para estas.

Por último, existen factores externos a las características comunes de los IDS, como su facilidad de instalación o configuración, el nivel de habilidad para generar las reglas o políticas adecuadas que permitan detectar eventos de alerta. Estos eventos externos pueden resultar un factor importante en su selección puesto que es una apreciación del agente experto a la hora de su implementación, por ende será subjetiva y variara en agentes expertos diferentes los cuales podrán coincidir con su opinión o discrepar con ella.

Según los resultados obtenidos conforme la propuesta de selección de IDS para pequeñas y medianas empresas se considera que el trabajo futuro que surge a partir de este estudio es el "*Rendimiento de los IDS dentro de diferentes plataformas operativas y arquitecturas de computadores"*. Este estudio hace referencia a evaluar y comparar los IDS con características más específicas sobre ellos, como por ejemplo, cantidad de memoria RAM que es aprovechada por el IDS dentro de un dispositivo hardware, o también el rendimiento de los IDS en los mismos ambientes de infraestructura de red frente a un mismo tráfico de red.

El aporte contributivo al ámbito tecnológico y de seguridad informática es la ayuda en cuanto asesoramiento para aquellas pequeñas y medianas empresas que no cuenten con área de tecnologías de la información y seguridad, puesto que al encontrarse en crecimiento estas entidades, el asesoramiento o selección de IDS puede representar costos monetarios que no se encuentren contemplados; a su vez, si las empresas cuentan con entornos de seguridad informática pueden utilizar la propuesta como guía para la selección del IDS adecuado para la misma, este puede ser seleccionado dando mayor porcentaje de selección a ítems como funcionamiento exclusivo en plataforma Windows, o también dando mayor peso a que el IDS no use interfaz grafica.

Referencias

Ashoor, A. S., & Gore, S. (2011). Difference between Intrusion Detection System (IDS) and Intrusion Prevention System (IPS). *Springer*, 495–501.

Birkinshaw, C., Rouka, E., & Vassilakis, V. G. (2019). Implementing an intrusion detection and prevention system using software-defined networking: Defending against port-scanning and denial-of-service attacks. *Journal of Network and Computer Applications*. https://doi.org/10.1016/j.jnca.2019.03.005

Cooper, S. (2019). 2019 Best Intrusion Detection Systems (10+ IDS Tools Reviewed). Retrieved from https://www.comparitech.com/net-admin/network-intrusion-detection-tools/

Holtsnider, W., & Jaffe, B. D. (2012). Security and Compliance. In *IT Manager's Handbook* (pp. 205–246).

Hu, J. (2010). Host-Based Anomaly Intrusion Detection. In *Handbook of Information and Communication Security* (pp. 235–254).

Larue-Langlois, R. (2018). Top 10 Intrusion Detection Tools: Your Best Free Options for 2019. Retrieved from https://www.addictivetips.com/net-admin/intrusion-detection-tools/

Mohamed, A. B., Idris, N. B., & Shanmugum, B. (2012). A Brief Introduction to Intrusion Detection System. *Springer*, 273–271.

Mohamed, I., Karim, A., & Mustapha, B. (2018). Distributed Intrusion Detection System for Cloud Environments based on Data Mining techniques. *ElSEVIER*, 35–41.

Mohammed Othman, S., Ba-Alwi, F. M., Alsohybe, N., & Al-Hashida, A. Y. (2018). Intrusion detection model using machine learning algorithm on Big Data environment. *Jorunal of Big Data*, 1–12.

Perdisci, R., Giacinto, G., & Roli, F. (2006). Alarm clustering for intrusion detection systems in computer networks. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2006.01.003

Rafsanjani, M. K., Sohrabi, M., & Javidi, M. M. (2010). Intrusion Detection in Database Systems. *Springer*, 93–101.

Rao, U. H., & Nayak, U. (2014). Intrusion Detection and Prevention Systems. In *The infosec handbook a introduction to information security* (pp. 225–228).

Shimeall, T., & Spring, J. (2014). Recognition Strategies: Intrusion Detection and Prevention. In *Introduction to Information Security* (pp. 253–274).

White, G., & Pooch, V. (1996). Cooperating security managers: Distributed intrusion detection systems. *Computers and Security*. https://doi.org/10.1016/0167-4048(96)00012-0

Critérios Editoriais

A RISTI (Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação) é um periódico científico, propriedade da AISTI (Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação), que foca a investigação e a aplicação prática inovadora no domínio dos sistemas e tecnologias de informação.

O Conselho Editorial da RISTI incentiva potenciais autores a submeterem artigos originais e inovadores para avaliação pelo Conselho Científico.

A submissão de artigos para publicação na RISTI deve realizar-se de acordo com as chamadas de artigos e as instruções e normas disponibilizadas no sítio Web da revista (http://www.risti.xyz).

Todos os artigos submetidos são avaliados por um conjunto de membros do Conselho Científico, não inferior a três elementos.

Em cada número da revista são publicados entre cinco a oito dos melhores artigos submetidos.

Criterios Editoriales

La RISTI (Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información) es un periódico científico, propiedad de la AISTI (Asociación Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información), centrado en la investigación y en la aplicación práctica innovadora en el dominio de los sistemas y tecnologías de la información.

El Consejo Editorial de la RISTI incentiva autores potenciales a enviar sus artículos originales e innovadores para evaluación por el Consejo Científico.

Lo envío de artículos para publicación en la RISTI debe hacerse de conformidad con las llamadas de los artículos y las instrucciones y normas establecidas en el sitio Web de la revista (http://www.risti.xyz).

Todos los trabajos enviados son evaluados por un número de miembros del Consejo Científico de no menos de tres elementos.

En cada número de la revista se publican cinco a ocho de los mejores artículos enviados.

Os associados da AISTI recebem a RISTI gratuitamente, por correio postal. Torne-se associado da AISTI. Preencha o formulário abaixo e envie-o para o e-mail aistic@gmail.com

Los asociados de la AISTI reciben la RISTI por correo, sin costo alguno. Hazte miembro de la AISTI. Rellena el siguiente formulario y remítelo al e-mail aistic@gmail.com



Formulário de Associado / Formulario de Asociado

Nome/Nombre: _____

Instituição/Institución: _____

Departamento: _____

Morada/Dirección: _____

Código Postal: _____ Localidade/Localidad: _____

País: _____

Telefone/Teléfono: _____

E-mail: _____ Web: _____

Tipo de Associado e valor da anuidade:

☐ Individual - 35€

☐ Instituição de Ensino ou I&D/Institución de Educación o I&D - 250€

☐ Outro (Empresa, etc.) - 500€

NIF/CIF: _____

Data/Fecha: __/__/_____ Assinatura/Firma: _____

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies
©AISTI 2020 http://www.aisti.eu

