ISSN: 1646-9895

risti

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

M a i o 2 0 • M a y 2 0



©AISTI 2020 http://www.aisti.eu

Nº E29

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

Edição / Edition
N.º E29, 05/2020

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
Jorge Herrera-Tapia, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, EC
Marlon Navia, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí MFL, 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
Alexandre Valle de Carvalho, FEUP, Universidade do Porto, PT
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
Luis Camarinha-Matos, Universidade Nova de Lisboa, 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: 19/11/2019
Aceitação/Acceptance: 25/01/2020

Editorial

Las tecnologías de la información: aliado y soporte para las organizaciones en un mundo en crisis

Information technologies: ally and support for organizations in a world in crisis

Jorge Herrera-Tapia[1], Marlon Navia[2]

jorge.herrera@uleam.edu.ec, mnaviam@espam.edu.ec

[1] Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, CP 130804, Manta, Ecuador.

[2] Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí MFL, CP 130250, Calceta, Ecuador.

Pages: xi-xii

La globalización, en estas últimas décadas, se veía como un modelo económico imparable, que estaba rompiendo límites geográficos, culturales, sociales, en el que las grandes potencias desintegraban sus barreras de acuerdo con sus conveniencias económicas. Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) fueron un factor preponderante durante este proceso, facilitando la comunicación en todo el planeta; con el despliegue de Internet se diseñaron e implementaron herramientas de colaboración en tiempo real, sincronizando los movimientos de un mundo dinámico.

En estos meses, la globalización se ha visto amenazada por la crisis sanitaria ocasionada por el Coronavirus (CoViD 19), que en su fase inicial se aprovechó de esta para diseminarse por el contacto directo entre las personas, y ahora está afectando a todos los países sin discriminación alguna; ocasionando un efecto adverso, volviéndose a marcar las barreras geo-políticas, interrumpiéndose el transporte comercial y de personas a gran escala, cortando relaciones entre importadores y exportadores, aniquilando al turismo, pasando de la dinámica a la estática, poniendo a prueba a la tecnología y a los modelos de gobierno. En este escenario las tecnologías de la información y comunicación vuelven a convertirse en el principal mecanismo de interacción social remota de las entidades y personas, proporcionando alternativas de teletrabajo, telemedicina, control remoto de procesos, difusión de noticias, entre otros. Y bajo esta misma arista, las TIC están proveyendo herramientas para el análisis de grandes cantidades de datos, y de

inteligencias artificial, siendo utilizadas en el campo comercial, financiero, e incluso en el en el diseño de nuevos productos y soluciones para todo tipo de industria. En el caso de la pandemia del coronavirus, se están utilizando técnicas de bigdata y autoaprendizaje para analizar el efecto de la aplicación de diferentes drogas en diferentes tipos de pacientes con el objetivo de obtener una cura que permita poner fin a esta crisis sanitaria a nivel global.

Después de remarcar el rol de las TIC en estos días, es necesario indicar que sigue existiendo problemas de orden multidisciplinar relacionados a la ausencia o poca aplicación de las Tecnologías de la Información y la Computación en algunos escenarios de nuestra sociedad, y en las organizaciones de la misma. Problemas que se pueden solucionar o mitigar con la aplicación de métodos como el análisis y mejoramiento de sistemas, protocolos de comunicación, análisis de datos, despliegue de tecnología, interacción persona-máquina, reducción de la brecha digital, entre otros aspectos. Los eventos científicos-tecnológicos en todas partes del mundo son la oportunidad para presentar los avances en estos campos. Y es así como a través de la Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Información (RISTI), se da también la oportunidad para que los investigadores presenten sus propuestas e investigaciones que, luego se pasar por un proceso riguroso de revisión, contribuyan mediante su difusión a la solución de los problemas de manera original e innovadora.

Este número especial incluye artículos que abarcan tópicos como el desempeño, seguridad y calidad de servicio en redes de computadoras y los servicios que se ejecutan sobre estas; usabilidad de sitios web; algoritmos de análisis de datos; redes de sensores; y tecnologías y gestión en defensa y seguridad. Un aspecto que se estudia mucho es el de la seguridad de la información y sistemas, un área que a nivel tecnológico se estaba destacando antes de la actual pandemia, debido al número creciente de ataques en el mundo.

Agradecimientos

Agradecemos a los autores y revisores de los artículos científicos del III Congreso Internacional de Tecnologías de la Información y Computación (CITIC 2019) e de la Conferencia Internacional Multidisciplinaria de Investigación Aplicada a Defensa y Seguridad (MICRADS 2020), así como a AISTI, por permitir la publicación de esta selección de artículos en su revista RISTI. En esta nota también queremos expresar nuestra gratitud y apoyo a todo el personal sanitario de las diferentes partes del mundo por su entrega e incansable labor de asistencia a los afectados por la pandemia del coronavirus, afirmando que hay profesionales imprescindibles, y ellos lo son.

Índice / Index

EDITORIAL

Las tecnologías de la información: aliado y soporte para las organizaciones en un mundo en crisis xi
Jorge Herrera-Tapia, Marlon Navia

ARTIGOS / ARTICLES

Implementación de un Sensor Electro-óptico en el Avión Twin Otter FAE para el Fortalecimiento de la Capacidad Estratégica de Vigilancia 1
Gustavo León, Víctor Enríquez, Franklin W. Salazar, Julio F. Guallo, Fernando Urrutia, Jorge Buele

Minería de datos para detectar y prevenir la corrupción en los contratos: revisión sistemática de mapeo..... 13
Yeferson Torres-Berru, Vivian Félix López Batista, Pablo Torres-Carrión

Evaluación de soluciones de QoS para una Red de Área Local 27
Marely del Rosario Cruz Felipe, Jenmer Maricela Pinargote Ortega, Dannyll Michellc Zambrano Zambrano

Proceso de Ciberseguridad: Guía Metodológica para su implementación 41
Jessica Johanna Morales Carrillo, Nerina Avellán Zambrano, Tevin Javier Lectong Zambrano, Ing. María Zambrano Bravo

Análisis del despliegue y uso de la tecnología celular en Ecuador 51
Byron Samaniego-Moncayo, Jorge Herrera-Tapia, Jorge Pincay Ponce, Juan Carlos Sendón-Varela, Patricia Henríquez-Coronel

Vulnerabilidades de sitios web gubernamentales en Ecuador: Un estudio exploratorio pre-muestral..... 67
Juan Gutierres Sánchez, Marlon Navia Mendoza, Gustavo Molina Garzón

Comparativa entre red tradicional y red definida por software: Caso de estudio ESPAM MFL..... 79
Pedro Alcívar, Marlon Navia

Análisis de seguridad de la implementación del protocolo SSL/TLS en un servidor RADIUS: Caso de estudio 91
Aura Zambrano Rendón, Marlon Navia Mendoza

Usabilidad en sitios web oficiales de las universidades del Ecuador 106
Jorge Pincay Ponce, Vanessa Caicedo Ávila, Jorge Herrera-Tapia, Wilian Delgado Muentes, Pedro Delgado Franco

Algoritmo para la selección de atributos en la predicción del fracaso empresarial 120
Lytyet Fernández-Capestany, Jorge Herrera-Tapia, Juan Carlos Sendón-Varela, Pablo Ávila-Ramírez, Temístocles Bravo-Tuárez

Trabalhando com a Deficiência Auditiva: Uma Proposta de Ensino a Distância com o Uso de Chatbot.....135
Daniel de Azevedo Joveliano, Isaac Maciel Galli, Gilson Nunes dos Santos Júnior, Mateus Rodrigues Almeida da Silva, Cristiano da Silva Benites, Francisco Carlos Ribeiro

Sistema de Gestión de Investigación: Proceso y Reglas de Negocios.....148
Alejandro Flores Zuñiga, y Cristian Salazar Concha

Propuesta de una herramienta portable para la ejecución de pruebas de carga en aplicaciones web 159
Gabriel Elías Chanchí G., José Luis Vivas F., Wilmar Yesid Campo M.

Propuesta de un videojuego educativo como apoyo a las terapias de la dislexia, usando la plataforma GDevelop 173
Gabriel Elías Chanchí G., Luz Marina Sierra M., Wilmar Yesid Campo M.

El Arte Operacional con perspectiva ecuatoriana para el presente y futuro 187
Andrade Daza Galo

Métodos de seguridad de la información para proteger la comunicación y los datos de servicios web REST en peticiones HTTP utilizando JSON Web Token y Keycloak Red Hat Single Sign On 198
Christian Muyón, Franklin Montaluisa

Desempeño del gobierno electrónico desde una perspectiva comparada a nivel mundial 214
Ximena Morales-Urrutia, Diana Morales-Urrutia, Luis Simbaña-Taipe, César Guerrero-Valástegui

Tendencias investigativas en educación en ciberseguridad: un estudio bibliométrico 225
Alejandro Valencia-Arias, María Camila Bermeo Giraldo, Yesenia Acevedo-Correa, Luis Fernando Garcés-Giraldo, Jefferson Quiroz-Fabra, Martha Luz Benjumea-Arias, Juan Patiño-Vanegas

Integración de las tecnologías de la información y comunicación para una educación militar innovadora 240
Mantilla Mersi, Loza Sara, Casco Jaime, Saltos Narcisa

Herramientas Web 3.0 aplicado a la mejora del aprendizaje colaborativo en la educación universitaria 252
Gustavo Caiza, Fernando Ibarra-Torres, Alexandra Ortiz, Marcelo V. Garcia, Valeria Barona - Pico

Definición de una metodología de adquisición de evidencias digitales basada en estándares internacionales 266
Luis Anderson Coronel-Rojas, Yesenia Areniz-Arévalo, Fabian Cuesta-Quintero, Dewar Rico-Bautista

Método de estimación de velocidades operacionales en el diseño de UAVs de ala fija para fotografía aérea..... 283
Alejandro Vintimilla, Paul Madera, Nilo Otero, Santiago Salinas, Mónica Duque, Christian Mullo

Sistema de filtragem digital reconfigurável baseado em FPGA para aplicação em rádio definido por software 299
Lincoln Alexandre Paz Silva, Francisco de Assis Brito Filho

Sistema Prototipo para la Teleoperación de un Robot ScorBot ER-4U en Ambientes Peligrosos 312
Franklin W. Salazar, Jorge Buele, Jéssica Llugsa-Hinojosa, Ana Belén Domínguez, Gabriela E. Pérez, Andrea F. Ibazeta

Geopolítica Espacial. Ecuador ¿Un lugar idóneo para una plataforma de lanzamiento espacial? 325
Christian Sebastián Ortiz Guerra

Guía práctica para el análisis de vulnerabilidades de un entorno cliente-servidor GNU/Linux mediante una metodología de pentesting.....335
Jesús Andrés Ovallos-Ovallos, Dewar Rico-Bautista, Yurley Medina-Cárdenas

Sistema de Tele-operación para Robots Móviles en la industria del Petróleo y Gas 351
William Montalvo, Carlos A. Garcia, Jose E. Naranjo, Alexandra Ortiz, Marcelo V. Garcia

Tendencias investigativas en el estudio de la ciberdefensa: un análisis bibliométrico..... 366
Alejandro Valencia-Arias, Orfa Patiño-Toro, Arturo Arenas-Fernández, Luis Fernando Garcés-Giraldo, Ana María Umba-López, Martha Luz Benjumea-Arias

Sistema de realidad aumentada para la enseñanza de calibración de instrumentación industrial.....380
William Montalvo, Jennifer K. Bologna, Edisson P. Jordan-H, Alexandra Ortiz, Marcelo V. Garcia

Prototipo de sistema para análisis de ondas cerebrales del personal militar y determinar su capacidad para la toma de decisiones en situaciones de estrés.....395
Christian Ubilluz, Ramiro Delgado, Roberto López

Estilos de aprendizaje en docentes universitarios: evaluación de la relación entre percepción y uso de TIC en entornos educativos 406
David Alberto García Arango, Jorge Eliécer Villarreal Fernández, Óscar Andrés Cuéllar Rojas, Camilo Andrés Echeverri Gutiérrez, César Felipe Henao Villa, María Andrea Botero Grisales.

Métodos para fabricação de patch de antenas usando moldes impresso em 3D.....421
Aleandro dos Santos Oliveira, Francisco de Assis Brito Filho

A problemática da reinserção socioprofissional dos ex-militares contratados das Forças Armadas Portuguesas: análise crítica e formas de intervenção..... 432
Paulo Jorge da Conceição Lopes, Lúcio Agostinho Barreiros dos Santos

Diseño Estructural de un Sistema de Telemetría y Videovigilancia Implementado en un UAV.....451
María Elena Moscoso, Estefanía Yánez-Arcos, Víctor Enríquez, Julio Cuji , Hernán Naranjo-Ávalos, Franklin W. Salazar, Jorge Buele

Modelo de capital estructural para Universidades basado en el modelo de fusión de datos JDL y la calidad de la información 465
Miguel A. Becerra, Erika Londoño-Montoya, Leonardo Serna-Guarín, Diego Peluffo-Ordóñez, Catalina Tobón, Lillyana Giraldo.

Optimización de la recolección de residuos sólidos urbanos bajo un enfoque de Sistemas de Información Geográfica, un estudio de caso 479
Juan C. León-Jácome, Israel D. Herrera-Granda, Leandro L. Lorente-Leyva, Yakcleem Montero-Santos, Erick P. Herrera-Granda, Daisy E. Imbaquingo Esparza, José G. Jácome León

Modelo de machine learning para la predicción de las tendencias de hurto en Colombia 494
Hugo Ordóñez, Carlos Cobos, Víctor Bucheli

Defensa 4.0: Internet de las Cosas en Sistemas de Batalla (IoBT) en Defensa Naval 507
José María Riola, Carlos Hernán Fajardo-Toro, Javier Díaz Reina, Oscar Mayorga Torres, Miguel Andrés Garnica López

Diseño e Implementación de una Férula automática para personas con lesiones en la muñeca y Nervio Radial. Análisis desde una perspectiva integral e innovadora 520
Ángel F. Vinueza N., Paola G. Vinueza N., Navinkumar J. Patil, Magda F. Cejas M., Hieda A. Nascimento S., Luis Quevedo

Competencia digital en docentes universitarios: evaluación de relación entre actitud, formación y alfabetización en el uso de TIC en entornos educativos 538
David Alberto García Arango, Jorge Eliécer Villarreal Fernández, Óscar Andrés Cuéllar Rojas, Camilo Andrés Echeverri Gutiérrez, César Felipe Henao Villa, María Andrea Botero Grisales.

Consideraciones para un Modelo de Simulación de Procesos Aplicado en Construcción Naval: Caso Armada de Colombia.....553
Javier Díaz Reina, Carlos Hernán Fajardo-Toro, Oscar Mayorga Torres, José María Riola, Miguel Andrés Garnica López

Producción científica y posicionamiento de universidades según ranking SIR IBER 2013 al 2019, caso latinoamericano 570
Carmen Luisa Vásquez Stanescu, Marisable Luna Cardozo, Maritza Torres-Samuel, Nunciatina Bucci and Amelec Viloria Silva, Tito Crissien

Eficiencia técnica de la investigación y desarrollo, ciencia y tecnología, educación e innovación en países Latinoamericanos 582
Maritza Torres-Samuel, Carmen Luisa Vásquez Stanescu, Marisabel Luna-Cardozo, Amelec Viloria, Tito Crissien

SOSChat: Sistema oportunístico de mensajería para entornos vulnerables 595
Jorge Herrera-Tapia, Pablo España-Bravo, Andy Castillo-Palma, Manuel Cúñez-Olalla, Juan Carlos Sendón-Varela, Patricia Henríquez-Coronel

Utilización de Máquinas Virtuales en Aplicaciones de Comando y Control con Red de Radio de Combate (C2PC-CNR)..... 609
Mayo. Gary A. Panchi G., Mayo. Marco A. Vinueza C., Cbos. Edwin Manzaba

Método optimizado basado en algoritmo K-Means como herramienta en la detección de plagio de código fuente 620
Michal Duracik, Mauro Callejas-Cuervo, Miroslava Mikusova

¿Es estática la concentración espacial del lugar de origen de los cadetes en las Carreras Aeronáuticas Militares o muestra una tendencia a lo largo del tiempo? 633
Marcos Sánchez Calderón, Chirstian Paredes Illanes, Daniel Palacios Gallardo, Dayanara Ocampo Guillin, Erick Yacelga Aguinaga, Lessly Vargas Angueta, Leonardo Cabrera Chamba

Filtros Adaptativos en el Procesador Bayesiano MTI (*Moving Target Indicator*) para el Sistema de Radar Skyguard del Ejército Ecuatoriano 650
Fernando Lara, Marcelo Ortiz, Enrique V. Carrera, A.F. Tinoco-S, Rubén León

Influencia de los Intereses Marítimos en el Economía de Ecuador 665
Gustavo Pacheco, Teresa Guarda, José Avelino Victor, Isabel Lopes, Maria Fernanda Augusto

La economía de la defensa: de la teoría a la realidad en América Latina 680
Angie Fernández Lorenzo, Zlata Borsic Laborde, Darwin Manolo Paredes Calderón

Análisis factorial de la Escala de Actitud hacia la Estadística: Estudio con estudiantes de las Escuelas de Formación de Oficiales Militares de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE..... 692
Margarita Palma MBA, Flor Garcés MSc, Sandra Canalias MSc, Pablo Albán MSc

Importancia de la Planificación de Navegación de Pilotaje en las Unidades de la Escuadra Naval 701
Jacobo Peñafiel, Teresa Guarda, José Avelino Victor, Carlos Balsa

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

Recebido/Submission: 30/12/2019
Aceitação/Acceptance: 28/02/2020

Implementación de un Sensor Electro-óptico en el Avión Twin Otter FAE para el Fortalecimiento de la Capacidad Estratégica de Vigilancia

Gustavo León[1], Víctor Enríquez[1], Franklin W. Salazar[2], Julio F. Guallo[3], Fernando Urrutia[2], Jorge Buele[2,4]

gusta_091@hotmail.com, venriquez@fae.mil.ec, fw.salazar@uta.edu.ec, jguallo@espoch.edu.ec, fernandourrutia@uta.edu.ec, jorgebuele@uti.edu.ec

[1] Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, Ambato, Ecuador.

[2] Universidad Técnica de Ambato, 180103, Ambato, Ecuador.

[3] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 060155, Riobamba, Ecuador.

[4] SISAu Research Group, Universidad Tecnológica Indoamérica, 180212, Ambato, Ecuador.

Pages: 1–12

Resumen: En este trabajo de investigación se presenta un estudio de factibilidad realizado con el fin de instalar un sensor electróptico en la aeronave Twin Otter DHC-6 de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, para el fortalecimiento de la capacidad estratégica de vigilancia, reconocimiento e inteligencia. El estudio tomó en consideración las limitaciones y restricciones propias de la aeronave, razón por la cual se decidió realizar una instalación provisional, no invasiva y de fácil montaje. Para el estudio de afectación se consideró el análisis aerodinámico, estructural, cargas, peso y balance. Se diseñaron componentes mecánicos y un carenado en materiales compuestos, a fin de que la sujeción del sensor sea segura y tenga una superficie aerodinámica que reduzca el coeficiente de arrastre generado. Para validar este prototipo se realiza una comparación de la aeronave en su estado normal respecto a la adhesión de este dispositivo a través de pruebas y simulaciones.

Palabras claves: Análisis aerodinámico; Sensor electro-óptico; Resistencia mecánica; Simulación por computador.

Implementation of an Electro-optical Sensor in the Twin Otter FAE Plane for the Strengthening of the Strategic Surveillance Capacity

Abstract: In this research work, a feasibility study is presented in order to install an electro-optical sensor on the Twin Otter DHC-6 aircraft of the Ecuadorian Air Force, to strengthen the strategic capacity of surveillance, reconnaissance and intelligence. The study took into consideration the limitations and restrictions inherent to the aircraft, which is why it was decided to make a temporary, non-invasive and easy to assemble installation. For the study of affectation, the aerodynamic, structural analysis, loads, weight and balance were considered. Mechanical components and a

fairing have been designed in composite materials, so that the sensor attachment is safe and has an aerodynamic surface that reduces the drag coefficient generated. To validate this prototype, a comparison of the aircraft in its normal state with respect to the adhesion of this device is made through tests and simulations.

Keywords: Aerodynamic analysis; Electro-optical sensor; Mechanical strength; Computer simulation.

1. Introducción

La aviación militar en el Ecuador inicia su historia casi un centenario, que con un sólido desarrollo institucional ha obtenido méritos nacionales e internacionales. Tras la implementación de la primera Escuela Militar de Aviación logra un desarrollo institucional valioso, lo cual la lleva a ser una de las pocas instituciones en Sudamérica que ha participado en combates en el aire (Loya et al., 2019). La Fuerza Aérea Ecuatoriana (FAE) al pertenecer a las Fuerzas Armadas (FFAA), cumple un papel importante en el ámbito militar y en el control del espacio aéreo (Mediavilla & Vélez, 2018). En la actualidad una de las necesidades de la FAE, es tener una plataforma aérea con un sistema de vigilancia y reconocimiento que le permita controlar zonas de conflicto y narcotráfico, específicamente en la frontera norte del país (Castillo, Vásquez, Ramírez & Carrillo, 2016) (Medina-Pazmiño, Jara-Olmedo, Tasiguano-Pozo & Lavín, 2018). Así como también contribuir con información en tiempo real para la toma de decisiones, tanto en operaciones militares como para la gestión de riesgos y desastres naturales (Jara-Olmedo, Medina-Pazmiño, Galarza, Silva, Galarza & Naranjo, 2018).

De esta forma se evidencia la necesidad de desarrollo e innovación tecnológica, que permite el avance de la ciencia en el ámbito aéreo (Zeng et al., 2017) (Shari, Aziz, Sarbani & Ali, 2015). El Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (CIDFAE), elabora constantemente proyectos de investigación en la búsqueda del desarrollo de prototipos para aviones tripulados y no tripulados (UAV) (Cruz, Meneses, Aguilar & Andrade-Miranda, 2019). Una de estas líneas tiene como objetivo el diseñar y construir sensores electrópticos con un alto valor agregado nacional, para lo cual enfoca su modelo de gestión en trabajos conjuntos de investigación con la academia (Medina-Pazmiño, Jara-Olmedo & Valencia-Redrován, 2016). Se debe tomar en cuenta que, a pesar de ya contar con estos sensores, es necesario un estudio complementario que determine la factibilidad de su instalación. La colocación de estos sensores externos se debe realizar de una manera segura y confiable, teniendo en cuenta que las aeronaves militares no fueron diseñadas para este fin (Su et al., 2018). Es por ello que se requiere de estudios que determinen el correcto desempeño de la nave durante una misión de vuelo de vigilancia y reconocimiento, teniendo un elemento externo en su estructura física (Mahmoud, Xu & Xu, 2016).

Los estudios previos en la etapa de diseño son de gran relevancia como se muestra en (Jara-Olmedo, Medina-Pazmiño, Mesías, Araujo-Villaroel, Aguilar & Pardo, 2018). En este trabajo se adapta una sensor electro-óptico/infrarrojo diseñado y desarrollado por el CIDFAE, para un avión no tripulado (UAV por sus siglas en inglés), con el objetivo de detectar tráfico, realizar vigilancia de reconocimiento y la adquisición de blancos de oportunidad. Aquí se presenta una línea base para considerar la factibilidad para

la implementación de este tipo de cámaras en otras aeronaves. En tal contexto en este artículo, se presenta la afectación estructural de la aeronave a integrarse un sensor electro-óptico a su fuselaje. Como caso de estudio se ha utilizado la aeronave Twin Otter DHC-6, en la cual se pretende predecir su comportamiento desde el punto de vista mecánico y aerodinámico. El análisis matemático del factor de seguridad que poseen las uniones atornilladas para sujetar el dispositivo es también desarrollado. Paralelamente se realiza un estudio de peso y balance obligatorio por la modificación estructural experimentada, que, aunque sea de un peso casi despreciable con relación al peso de la aeronave debe ser evaluada. La validación de esta propuesta se establece mediante la comparativa de la incidencia que tiene la instalación del equipo externo con respecto de una configuración en vacío, mediante las simulaciones y pruebas respectivas.

Este artículo se organiza de la siguiente manera: la introducción en la sección 1, en la sección 2 se muestra el análisis de afectación aerodinámica. En la sección 3 se presenta el análisis estructural. Los resultados de las pruebas experimentales realizadas y las conclusiones se describen en las secciones 4 y 5 respectivamente.

2. Análisis de Afectación Aerodinámica

En la Figura 1 se puede apreciar el diagrama general de la aeronave Twin Otter DHC-6 serie 300, perteneciente al Ala de Transportes Nro. 11 de la FAE. Al realizar una inspección integral se determina que en la parte ventral del avión existe una tapa de revisión con acceso al interior, lo cual facilita la colocación del sensor electróptico SEO-D1. El diseño de la estructura que sujeta el sensor en el fuselaje, siguiendo la curvatura del fuselaje y la ubicación de la torreta de manera horizontal, se realiza mediante un software CAD, como se ilustra en la Figura 2.

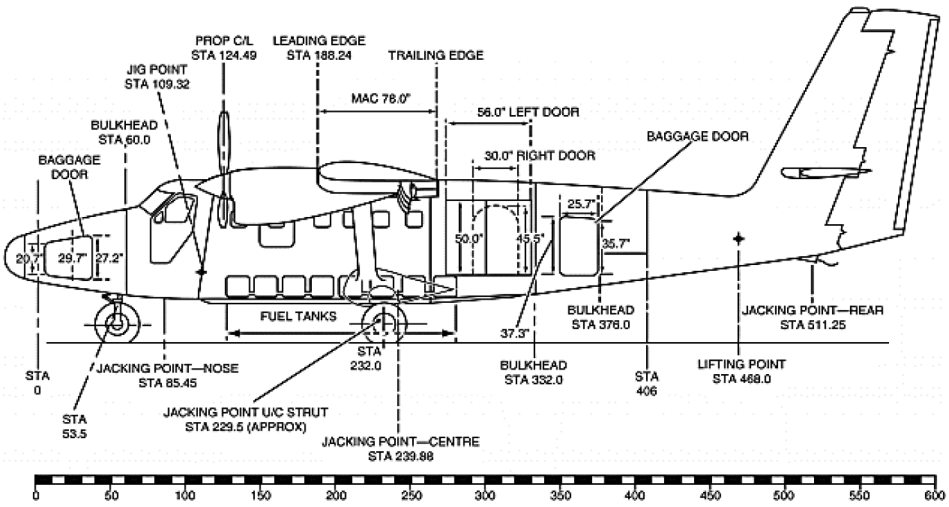


Figura 1 – Diagrama general de la aeronave Twin Otter DHC-6 serie 300: Ubicación del sensor SEO-D1 (290 in).

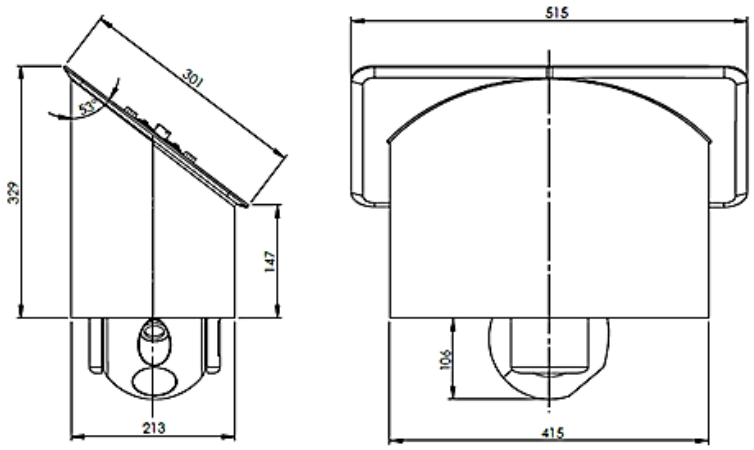


Figura 2 – Dimensiones del carenado.

En este diseño se efectúa al análisis de afectación aerodinámica, para lo cual se dibujó el modelo de la aeronave Twin Otter en 3D, en base a las dimensiones reales que establece el fabricante en sus manuales[1] (tomando en consideración el perfil alar del avión) y los escenarios de simulación se muestran en la Tabla 1. Posterior a ello, se realiza un análisis CFD (Computational Fluid Dynamics en inglés) con diferentes escenarios de simulación, que podrían suscitarse durante la operación y son relevantes. En cada escenario se realiza una simulación con la aeronave limpia (sin SEO-D1) y otra con la instalación del sistema. Una vez determinado el porcentaje de afectación en cada escenario, se escogió la fuerza de drag (eje longitudinal) de mayor valor para realizar un cálculo de la resistencia de los tornillos elegidos, que se sujetan al fuselaje de la aeronave y establecer un factor de seguridad.

Ítem	Velocidad Avión (KT)	Velocidad Hélice (RPM)	Angulo Pitch (°)
Crucero	-14	1600	0
Despegue	-80	2200	15
Aterrizaje	-74	1500	-10

Tabla 1 – Escenarios de simulación aerodinámica

Finalmente se realiza un análisis de peso y balance, en vista que la aeronave sufrirá la inclusión de un sistema para lo cual no fue considerada dentro de la sumatoria de momentos en el eje longitudinal. Dicho estudio se desarrolló en base a las gráficas de

[1] https://www.vikingair.com/customer-support/technical-publications?page=28

límites de centro de gravedad dadas por el fabricante, estableciendo el nuevo centro de gravedad, tomando en cuenta el peso de todo el sistema (sensor, estructura, computadora, batería, etc.), con referencia al datum del avión.

Mallado

La calidad de mallado es uno de los parámetros que influyen en los resultados de las simulaciones, ya que a partir de ello se crean los nodos para el análisis CFD de elementos finitos de la simulación. Para el modelo planteado, se diseñó una malla basada en la curvatura con un grado de refinamiento inicial igual a tres. Su composición se aprecia en la Figura 3 en la que se puede observar en escala de colores el nivel de refinamiento. El refinamiento máximo establecido para este análisis fue de seis, y la calidad de mallado varió acorde a la ubicación en la aeronave; utilizando la malla más densa en los lugares más complejos de la curvatura del modelo CAD de la aeronave.

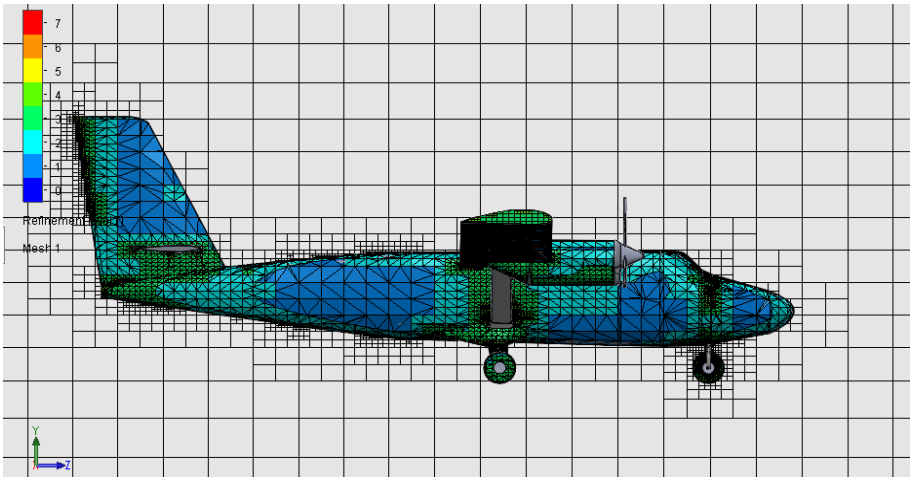


Figura 3 – Mallado del avión Twin Otter DHC-6.

Simulación

En la Figura 4 se pueden observar los resultados de la simulación en una configuración de aterrizaje sin el sensor electróptico SEO-D1, las líneas de fluido corresponden a un cambio de presión como consecuencia del impacto del aire sobre el fuselaje en la posición de descenso.

En la Figura 5 se observa cómo se orientan las líneas de fluido sobre el carenado, diseñado para reducir la fuerza de drag del sensor electróptico, que se instalará en la parte exterior del avión.

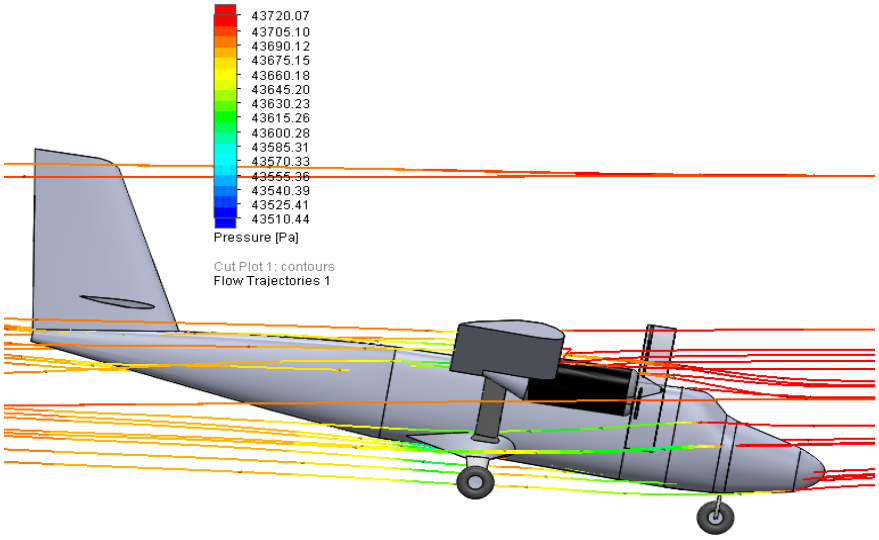


Figura 4 – Líneas de fluido en aterrizaje.

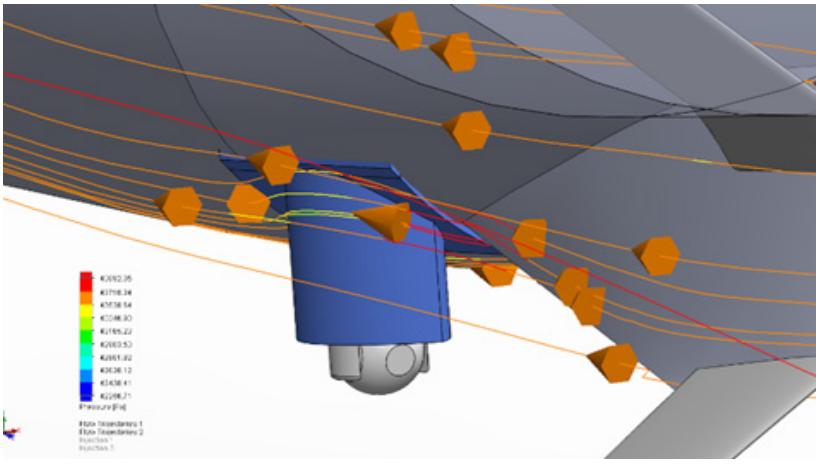


Figura 5 – Líneas de fluido sobre el carenado.

3. Análisis Estructural

Estudio de carga en los tornillos

Para este tipo de estudio, se requiere realizar un contraste estructural para establecer si los elementos tendrán la resistencia requerida al realizar tareas de vigilancia y exploración. Para determinar si la unión atornillada sometida a los esfuerzos cortantes y resistentes a

tracción simultáneos es correcta, se utilizó la fórmula descrita en (1). Dichas fórmulas se utilizaron para incluir cargas axiales y transversales de manera simultanea de acuerdo a los factores de carga de un escenario en vuelo. De esta manera se consigue un resultado más conservador en el diseño, a pesar de no presentar un análisis tan exhaustivo.

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4 * F_{t,Rd}} \leq 1 \tag{1}$$

Donde;

$F_{v,Ed}$: Fuerza cortante (perpendicular al eje del tornillo).

$F_{v,Rd}$: Fuerza resistente a cortante.

$F_{t,Ed}$: Fuerza axial, (paralela al eje del tornillo) es el peso exterior que soporta los tornillos.

$F_{t,Rd}$: Fuerza resistente a tracción.

La fuerza cortante se la obtuvo encontrando el módulo del vector resultante entre la fuerza longitudinal (F_L) y transversal (F_T) que actúa sobre el carenado en una de las fases de vuelo críticas, como se describe en (2). Se tomaron los valores en el escenario de un vuelo crucero, como un efecto del impacto del aire sobre esa superficie y que idealmente se transmite de forma equitativa a la unión atornillada.

$$F_{v,Ed} = \sqrt{F_L{}^2 + F_T{}^2} \tag{2}$$

La fuerza resistente a cortante de la unión, para el tipo de tornillo empleado (NAS 517-3-9) sujeto al análisis está dada por la expresión mostrada en (3).

$$F_{v,Rd} = \frac{0{,}5 * F_{ub} * A_S}{\gamma_{Mb}} \tag{3}$$

Donde;

F_{ub} : Resistencia última a tensión del tornillo.

A_S : Área resistente a tracción del tornillo.

γ_{Mb} : Coeficiente parcial de seguridad.

En cuanto al coeficiente parcial de seguridad se lo estimó en 1,25. Además, como la sujeción del sensor electro-óptico SEO-D1 se ajusta a 8 tornillos, la resistencia total de la unión atornillada se calculó multiplicando la expresión expresada en (3) por el número de tornillos empleados (N). Entonces se tiene (4):

$$F_{v,Rd} = \frac{0{,}5 * F_{ub} * A_S}{\gamma_{Mb}} * N \tag{4}$$

Para la fuerza resistente a tracción de la unión para el tipo de tornillo empleado (NAS 517-3-9) sujeto al análisis, se tiene la expresión de (5).

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 * F_{ub} * A_S}{\gamma_{Mb}} * N \quad (5)$$

Una vez obtenidos los datos de la fuerza resistente a cortante y de la fuerza resistente a tracción de la unión atornillada, se procede a calcular si los esfuerzos provocados por las fuerzas tangentes y axiales que sufre el tornillo de manera simultánea. Los valores obtenidos en (2), (4) y (5) se reemplazan en (1) para verificar que se cumplen con las condiciones iniciales y reemplazando se obtiene lo siguiente.

$$\frac{22,7}{5196,8} + \frac{10,14}{1,4 * 9354,24} \leq 1$$

$$0,005199 \leq 1$$

Con esta expresión se pudo determinar que la unión atornillada propuesta fácilmente soportaría el tipo de cargas analizadas.

4. Resultados Experimentales

En la Tabla 2 se presenta un cuadro resumen de los resultados de cada escenario de simulación en el eje longitudinal con su respectivo porcentaje de variación, con relación a una configuración de la nave limpia.

	RESULTADO		**AFECTACIÓN EQUIVALENTE**	
	Con SEO-D1	Sin SEO-D1	Valor (lbs)	Variación (%)
Crucero	1153.007	1147.341	5.666	0.49%
Despegue	2101.113	2086.495	14.618	0.70%
Aterrizaje	30.143	27.273	2.875	10.54%

Tabla 2 – Resultados en el eje longitudinal

De la misma manera, se visualiza en la Tabla 3 un cuadro resumen de los resultados de cada escenario de simulación en el eje trasversal con su respectivo porcentaje de variación, con relación a una configuración de la nave limpia.

Estudio de peso y balance

Para el análisis de peso y balance del avión Twin Otter DHC-6, concibe la afectación longitudinal y se toma en cuenta los datos descritos en la tabla 4[2].

[2] http://www.anac.gob.ar/anac/web/uploads/normativa/reglamentacion/advertencias/adv080dag.pdf

	RESULTADO		AFECTACIÓN EQUIVALENTE	
	Con SEO-D1	Sin SEO-D1	Valor (lbs)	Variación (%)
Crucero	382	360.838	21.984	6.06%
Despegue	78.647	74.801	3.846	5.14%
Aterrizaje	156.903	150.889	6.014	3.99%

Tabla 3 – Resultados en el eje transversal

Ítem	Datos de estudio
Peso en vacío avión	7440 lb
Centro de gravedad	210,08 in
Peso sistema instalado	27 lb (Equipamiento interno y externo)
Distancia del peso	290 in

Tabla 4 – Análisis de peso y balance de la aeronave.

Cálculo teórico del % CG

La aeronave objeto del estudio tiene un peso en vacío de fábrica de 7440 lb y por defecto se encuentra ubicado en el punto medio del intervalo del centro de gravedad (CG) permisible, es decir al 28% de la cuerda aerodinámica media (MAC), que representa una distancia de 210,08 in, medidos desde el datum colocado por el fabricante[3].

Los límites del centro de gravedad de la aeronave oscilan entre el 20% y 36%, el valor medio entre estos dos valores mínimos y máximos corresponde a un valor del 28%, que representa un brazo de palanca (ARM) medido desde el datum de 210,08 in. Se realizaron los cálculos para la sumatoria de momentos con la aeronave en vacío, tomando en consideración el peso de todo el sistema (interno y externo) se presentan en la Tabla 5 y el cálculo del CG en (6).

Ítem	Peso (lbs)	Distancia (in)	Momento (lb*in)
Datos originales	7440	210,08	1562995,2
Datos del SEO-D1	27	290	7830
Sumatoria	7467	CG	1570825,2

Tabla 5 – Análisis de peso y balance de la aeronave.

$$CG = \frac{M}{W} \tag{6}$$

$$CG = 210{,}3689835 \text{ in}$$

[3] https://www.scribd.com/document/358542710/c-twin-otter-dhc-6-flight-manual-pdf

Cabe considerar, que la instalación del sensor electro-óptico provoca un movimiento en el centro de gravedad hacia la derecha, dicha variación se calcula en (7), mediante la diferencia del CG inicial con la aeronave en vacío y el nuevo CG.

$$\Delta CG = CG_f - CG_i \tag{7}$$

$$\Delta CG = 0{,}288983528 \text{ in}$$

Este valor permite interpretar que el CG se movió aproximadamente 0,29 in hacia la derecha debido a la instalación del sensor. Además, este valor puede ser expresado como un porcentaje del MAC tomando como referencia que la longitud total del MAC es 78 in, con lo cual se tiene un desplazamiento del 0,37%.

Límites del CG

Con los parámetros encontrados en la sección anterior, se procedió a evaluar a la aeronave DHC-6 Twin Otter de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, revisando los últimos reportes de peso y balance, a fin de que se encuentren dentro de los límites establecidos por el fabricante[2]. Por tanto, la instalación del sensor electro-óptico SEO-D1 tomando en cuenta los cálculos de las secciones anteriores, se presenta como resumen en la Tabla 6.

Límite	ARM (in)	%MAC
Superior	216,03	35,63
Inferior	203,55	19,63

Tabla 6 – Tabla referencial de parámetros

5. Conclusiones

A través de este estudio, se constató la factibilidad para adecuar un sensor electróptico en el avión TWIN OTTER DHC-6 serie 300, que dispone la Fuerza Aérea Ecuatoriana. En el caso del estudio aerodinámico por elementos finitos, este determinó que la instalación del sensor electróptico SEO-D1, tiene una afectación que oscila entre 0.49% y 10%, siendo principalmente la etapa de aterrizaje la más crítica dentro de la operación de la aeronave.

Además, el estudio de carga en los tornillos, determinó que estos fácilmente soportarán todas las cargas de vuelo o cargas dinámicas, y mucho más las cargas estáticas. El análisis de peso y balance del avión, debido a una modificación estructural y al incremento de 27 lbs de peso a una distancia de 290 pulgadas, provoca que el centro de gravedad se mueva hacia la derecha en un porcentaje de 0,37%. Por tanto y en base a los análisis realizados, se puede asegurar que los componentes mecánicos que fueron diseñados para la instalación del SEO-D1 se acoplan de una manera eficiente en la aeronave.

La elaboración de este trabajo constituye una base para la obtención del certificado de aeronavegabilidad por parte de los órganos correspondientes dentro de la Fuerza Aérea. Esto faculta a la institución la operabilidad de un sistema de vigilancia y reconocimiento con tecnología propia que fortalezca la capacidad estratégica de vigilancia y reconocimiento en el Ecuador.

Referencias

Castillo, R. D. F., Vásquez, J. P. R., Ramírez, P. H. A., & Carrillo, M. G. G. (2016). Consideraciones para el rediseño de la línea de ensamble de vehículos aéreos no tripulados desarrollados por la Fuerza Aérea Ecuatoriana. *INGE CUC, 12.1*, 51-64.

Cruz, H., Meneses, J., Aguilar, W., & Andrade-Miranda, G. (2019). Detection and Segmentation of Ecuadorian Deforested Tropical Areas Based on Color Mean and Deviation. *Advances in Intelligent Systems and Computing, 918,* 452-461. Springer.

Jara-Olmedo, A., Medina-Pazmiño, W., Galarza, E. E., Silva, F. M., Galarza, E. D., & Naranjo, C. A. (2018). Data Link System Flight Tests for Unmanned Aerial Vehicles. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, *94*, 151-161. Springer.

Jara-Olmedo, A., Medina-Pazmiño, W., Mesías, R., Araujo-Villaroel, B., Aguilar, W. G., & Pardo, J. A. (2018). Interface of Optimal Electro-Optical/Infrared for Unmanned Aerial Vehicles. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, *94*, 372-380. Springer.

Loya, H., Enríquez, V., Salazar, F. W., Sánchez, C., Urrutia, F. & Buele, J. (2020). Analysis and Determination of Minimum Requirements of an Autopilot for the Control of Unmanned Aerial Vehicles (UAV). *Advances in Intelligent Systems and Computing, 1078*, 129-142. Springer.

Mahmoud, A., Xu, D., & Xu, L. (2016). Optical design of high resolution and shared aperture electro-optical/infrared sensor for UAV remote sensing applications. 2016 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2921-2924. IEEE.

Mediavilla, J. R., & Vélez, A. J. (2018). Hacia la unificación de radares civiles y militares: Sistema de integración de la señal de radares de la Dirección General de Aviación Civil como apoyo a la Defensa y Seguridad del espacio aéreo ecuatoriano. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao, E15*, 66-75.

Medina-Pazmiño, W., Jara-Olmedo, A., Tasiguano-Pozo, C. & Lavín, J. M. (2018). Analysis and implementation of ETL system for unmanned aerial vehicles (UAV). *Advances in Intelligent Systems and Computing, 721*, 653-662. Springer.

Medina-Pazmiño, W., Jara-Olmedo, A. & Valencia-Redrován, D. (2016). Analysis and determination of minimum requirements for a data link communication system for unmanned aerial vehicles-UAV's. *2016 IEEE Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM)*, 1-6. IEEE.

Shari, A. Z., Aziz, A. A. A., Sarbani, N., & Ali, M. T. (2015). A design of rectangular Aeroplane shape Defected Ground Structure (RADGS) antenna for 2.4 GHz applications. *2015 Innovation & Commercialization of Medical Electronic Technology Conference (ICMET)*, pp. 13-16. IEEE.

Su, D., Zhang, X. Y., Ma, Y. L., Shan, F., Wu, J. Y., Fu, X. C., ... & Zhang, T. (2018). Real-Time Electro-Optical Tunable Hyperlens Under Subwavelength Scale. *IEEE Photonics Journal, 10.1*, 1-9.

Zeng, M., Li, Y., Fang, W., Lu, W., Liu, X., Yu, H., & Zhu, Z. (2017). Control plane innovations to realize dynamic formulation of multicast sessions in inter-DC software-defined elastic optical networks. *Optical Switching and Networking, 23*, 259-269.

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

Recebido/Submission: 29/11/2019
Aceitação/Acceptance: 31/01/2020

Minería de datos para detectar y prevenir la corrupción en los contratos: revisión sistemática de mapeo

Yeferson Torres-Berru[1,2], Vivian Félix López Batista[1], Pablo Torres-Carrión[3]

ymtorresb@usal.es, vivian@usal.es, pvtorres@utpl.edu.ec

[1] University of Salamanca, Plaza de la Merced, s/n,37008 Salamanca, Spain.

[2] Instituto Superior Tecnológico Loja, Av. Granada y Turunuma, , 1101608, Loja, Ecuador.

[3] Universidad Técnica Particular de Loja, San Cayetano Alto S/N, 1101608, Loja, Ecuador.

Pages: 13–26

Resumen: La corrupción según afirma la ONU está presente en sus diferentes formas y tipologías afectando directamente en la celebración de contratos tanto públicos como privados; en este contexto se realiza un mapping sistemático de investigaciones científicas (2015-2019) sobre corrupción en contratos en sus diversos formatos, aplicando minería de datos y sus técnicas. Se plantean seis preguntas de investigación a responder desde el análisis de 147 artículos obtenidos de las bases de datos WoS y Scopus. Las investigaciones se centran principalmente en la detección fraude, fraude financiero y corrupción, siendo las formas de corrupción más estudiadas el fraude (72.72%), y el sobreprecio (8,84%); las investigaciones se han realizado en Estados Unidos (16,32%), China (10,88%), Reino Unido (8,94%) y en LatinoAmerica Brasil (3,4%), con minimas contribuciones de Colombia y Paraguay.

Palabras-clave: Data mining, corrupción, mapping review.

Data Mining to detect and prevent corruption in contracts: Systematic Mapping Review

Abstract: Corruption according to the UN is present in various forms and types, affecting the realization of public and private contracts; in this context, a systematic mapping of scientific publications (2015-2019) is development, focused on contract corruption in its several forms, applying data mining and related techniques. Six research questions are presented to answer the analysis of 147 articles obtained from WoS and Scopus databases. The detection of fraud, financial fraud and corruption predominate in the researchs, exceling as forms of corruption, fraud (72.72%) and the overprice (8.84%). Researchs have been conducted in the United States (16.32%), China (10.88%) and the United Kingdom (8.94%); in Latin America emerge Brazil (3.4%) with minimum contributions from Colombia and Paraguay.

Keywords: Data mining, corruption, mapping review.

1. Introduction

Corruption is present in every country in the world, according to the (ONU , 2018, for the Transparency International Organization (2017) corruption is a "bribe, as an offer or receipt of any gift, loan, fee, reward or other advantage to or from any person as an incentive to do something that is dishonest, illegal or an abuse of trust, in the exercise of business activity". The word «corruption», derived from the Latin verb "corrumpĕre", with several negative meanings from the moral point of view: alter and disrupt, spoil, deprave, damage, rot, bribe, pervert, dodge (Martinez Fernandez 2015). Corruption is a situation in which a conflict of interest is used to satisfy a self-interest that is specified in obtaining a profit in breach of an existing legal framework (Cerillo Martinez 2015). This social behavior is present in different forms and aspects affecting different social contexts in family, institutional, private, governmental areas with negative repercussions.

In the public sector, corruption infers an abuse of an employee's power to obtain "profits," benefiting private entities, by taking advantage of a specific situation to break the law and benefit the other participant in the act (if any) and himself; "gains" for the corrupt include not only money but also material and intangible goods, which involve status and power (OECD 2005). Different forms and levels of corruption have been identified, such as bribery, embezzlement, fraud, extortion, abuse of trust, collusion and favoritism (Chan and Owusu 2017; Moran 2001; Vargas-Hernández 2009). The main mechanisms of corruption according to (Cassagne and Rivero Ysern 2007; Castro Cuenca 2017) are non-existence of contract, improper direct contracting, improper contracting, fractionation, contract modifications. As is visible, the study of corruption encompasses a large field of social and human sciences, with theoretical and scientific contributions.

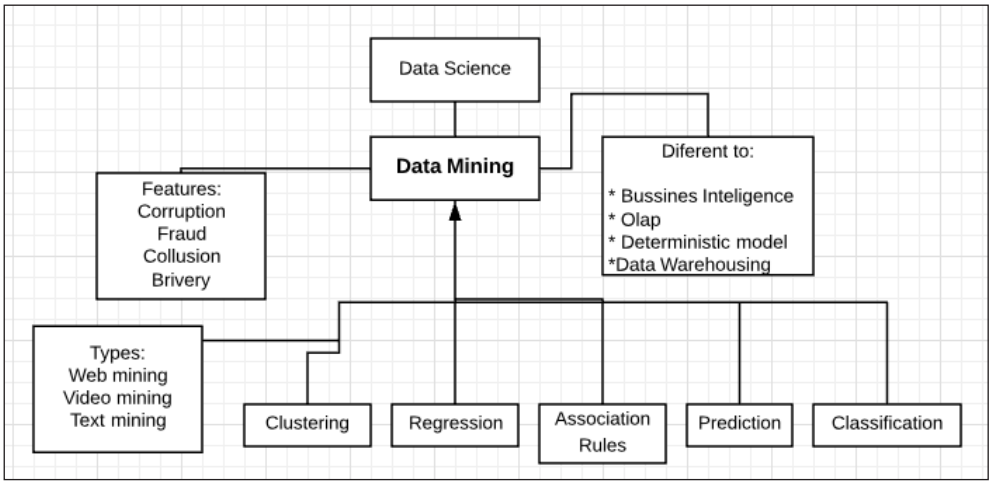


Figure 1 – Mentefacto Conceptual

As noted in (DiRienzo et al. 2007) technology has become a key ally in the fight against corruption, which shows that, in countries that use ICTS within the public administration, they get better levels in the corruption perception index. In this sense, the use of information technologies to combat corruption has shown good results in state agencies in several countries (Volosin 2015), excelling studies conducted by Goedhuys, Mohnen, and Taha (2016) demonstrating that reducing unnecessary interventions in procurement processes using technology improves transparency, because they usually cause abuse of power by public employees; (Shrivastava and Bhattacherjee 2015) consider using tools and resources to monitor the development of public employee functions at a low cost; (Lee and Lio 2016) explain how technology helps to promote transparency through the provision of information to the general public; and, (DiRienzo et al. 2007), (OECD 2007) explain how technology helps to eliminate bureaucratic procedures that generate higher costs and times. It is clear that the contribution of technology to improve anti-corruption management and control procedures, allows an improvement in the efficient administration, in search of transparency in public management processes.

Figure 1 shows the theoretical classification, detailing data science through data mining, its techniques (Han, et al 2011), and types (Hand 2013), and areas of knowledge different from data mining, but which are part of other branches of computer science and data science. In the "mentefacto conceptual", the relationships between characteristics of corruption and data mining are also graphically represented, among the primary forms of corruption are fraud, collusion, bribery, overprice, favoritism.

As related works, in the Scopus and Wos databases, two systematic reviews of scientific literature were found that relate the fight against corruption through the use of technology. (Indrajani et al. 2016) focus on finding fraud algorithms in online transactions, finding 25 scientific articles for study; and, (Ngai et al. 2011) reviews different data mining techniques for fraud detection in different fields of the financial field from 41 scientific articles. That is why this study is proposed as original, by encompassing corruption and data mining from a broader perspective (fraud, collusion, bribery, overprice, and favoritism) than the corruption form known as fraud.

Data science plays a vital role in detecting corruption and is commonly used to find hidden information in large amounts of data (Alvarez-Jareño et al. 2019). The corruption case known as Panama papers (Woodie 2016) revealed to the public opinion fiscal and financial fraud; in Brazil, the Observatory of Public Expenditures (Controladoria-Geral da União 2015) reviewed more than 120,000 public contracts and uncovered more than 7,500 cases involving $ 104 million in financial operations of doubtful legality. These examples illustrate the importance of data science in the fight against corruption.

Based on the forewent, this paper analyzes the scientific information published from 2015 to 2019 using the methodology of (Torres-Carrion et al. 2018) which is used for the systematic literature reviews, combining it with the methodology (García-González and Ramírez-Montoya 2019) whose components are detailed in the next section. The

results are organized for presentation following the order of the research questions, with graphic explanations and referential analysis. Finally, the relevant conclusions regarding this systematic mapping are shared. The discussion section is omitted, taking into account that the objective of mapping is to describe the state of the art in terms of general areas of research on data mining and corruption.

2. Methodology

For the systematic search, the methodology of (Torres-Carrion et al. 2018) is followed, which divides the process into three phases: planning, conducting the review, and reporting the review. The third phase has been carried out following the methodology of (García-González and Ramíre\z-Montoya 2019) applied in its mapping report.

2.1. Research questions

Through the research questions, the investigation objective is established, as well as the variables to measure and answer the questions in Table 1 which pretend to inquire the number of published articles in the topic in mind, the geographical distribution, the context of the form of corruption studied and the primary line of research studied.

Question	Type of response sought
RQ1: How many studies are in the WOS and Scopus databases from 2015 to 2019?	• Number of articles in Scopus • Number of articles in WOS • Number of duplicated articles • Number of open access articles • Type of document (Review, etc)
RQ2: Who are the authors of the most cited articles?	• Most cited authors • Most cited articles
RQ3: What is the geographical distribution of the authors?	• Countries where the authors are from
RQ4: What are the journals with more publications on this line of research?	• Journals • Q1, Q2, Q3 or Q4 • Indice JCR
RQ5: In what contexts are these studies developed?	Fraud, Bribery, Collusion, Overpricing, Favoritism, Embezzlement
RQ6: What are the main topics addressed in this line of research?	

Table 1 – Research questions

2.2. Inclusion, exclusion and quality criteria

The inclusion and exclusion criteria that allowed discriminating articles that do not correspond to the areas of knowledge referred to in the study, the years of research, and the selected databases. Relevant articles that answer the raised research questions are considered. Details are presented in Table 2.

Criteria	Inclusion	Exclusion
Theoretical field	Corruption and data mining available.	Web and mobile phone applications.
Databases	Web of Science (WOS) o Scopus	Google Scholar and other index files in WoS o Scopus
Type	Article, review, editorial, conference proceedings.	Speech documents, book chapters, ESCI
Año	2015-2019	Before 2015 or later tan the article publication date.
Area of research	Computer Science, Social Science, Decision-making Science.	

Tabla 2 – Inclusion, exclusion and quality criteria

As a quality criterion, a thorough review of the articles resulting from the search and after applying the inclusion and exclusion criteria is established. Articles that do not explicitly refer to data mining applications for the prevention and detection of corruption will be separated. This phase requires the reading of each of the articles obtained and is carried out by expert researchers.

2.3. Semantic Search Structure

According to the methodology, the input for the semantic structure corresponds to the thesaurus and synonymy of the concepts obtained in the "mentefacto conceptual". The base scripts have been established, supported by the logical conjunction and disjunction operators, as well as the sequence and word relationship operators (*W/n* y *NEAR/n*). The script is organized in three levels: in the first level, data mining is approached with its characteristics and techniques; in the second level, corruption and its typology are reviewed; and in the third level the contracts and their synonymy are analyzed, as shown in Table 3.

L1	(mining W/4 (data OR video OR text OR web)) OR classificat* OR cluster* OR regression OR (association W/2 rules) OR detection OR prediction OR (sequential W/2 patterns) OR (learning W/4 (machine OR deep OR reinforced))
L2	(corruption OR bribery OR collusion OR (embezzlement OR misappropriation) OR fraud OR (abuse W/0 of W/0 discretion) OR favoritism OR nepotism)
L3	(contract OR purchase OR investment OR procurement OR acquisition OR acquirement OR tendering)

Table 3 – Semantic Search Structure

The level structure is the input to generate the final search scripts, adaptable to the databases proposed in the methodology: Web of Science and Scopus, detailed in Table 4.

Script WOS	Script Scopus
TS=(((mining near/4 (data OR video OR text OR web)) OR classificat* OR cluster* OR regression OR (association near/2 rules) OR detection OR prediction OR (sequential near/2 patterns) OR (learning near/4 (machine OR deep OR reinforced))) AND ((corruption OR bribery OR collusion OR (embezzlement OR misappropriation) OR fraud OR (abuse near/0 of near/0 discretion) OR favoritism OR nepotism)) AND (contract OR purchase OR investment OR procurement OR acquisition OR acquirement OR tendering)) Refinado por: AÑOS DE PUBLICACIÓN: (2019 OR 2018 OR 2017 OR 2016 OR 2015) AND DOMINIOS DE INVESTIGACIÓN: (SCIENCE TECHNOLOGY) AND TIPOS DE DOCUMENTOS: (ARTICLE OR REVIEW OR EDITORIAL) AND ÁREAS DE INVESTIGACIÓN: (COMPUTER SCIENCE)	TITLE-ABS-KEY (((mining W/4 (data OR video OR text OR web)) OR classificat* OR cluster* OR regression OR (association W/2 rules) OR detection OR prediction OR (sequential W/2 patterns) OR (learning W/4 (machine OR deep OR reinforced))) AND (corruption OR bribery OR collusion OR (embezzlement OR misappropriation) OR fraud OR (abuse W/0 of W/0 discretion) OR favoritism OR nepotism) AND (contract OR purchase OR investment OR procurement OR acquisition OR acquirement OR tendering)) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , “COMP”) OR LIMIT-TO (SUBJAREA , “DECI”) OR LIMIT-TO (SUBJAREA , “SOCI”)) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2017) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2015))

Tabla 4 – Search Script

3. Results

After the systematic search, 219 articles are obtained from Scopus and 250 from Web Of science, applying the inclusion, exclusion and quality criteria, 153 search articles are obtained in both databases; the number of repeated articles is 6, obtaining a total of 147 articles considered for mapping. The list of articles, as well as the search scripts, can be reviewed in the following link: http://bit.ly/DMCorruption.

3.1. RQ1: How many studies are in the WOS and Scopus databases from 2015 to 2019?

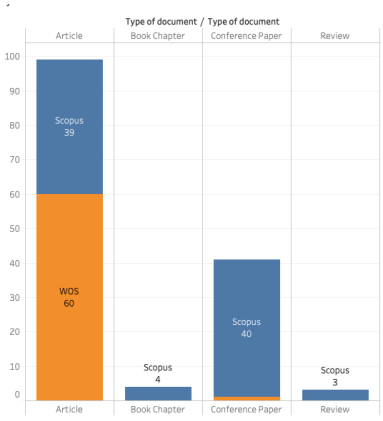


Figure 2 – Research Question 1

Of the 147 resulting articles, 61 correspond to Web of Science (WOS) equivalent to 41.49% and 86 to Scopus equivalent to 58.5%. Regarding the type of document, it is evident that the number of articles in the two databases is equivalent to 67.35%, the number of conference paper is 41, equivalent to 27.89%, of which 40 are from the Scopus database (Figure 2); the representation of book chapters is 2.72% and 2.04% revisions. Respecting the open access articles represent 16.32%.

3.2. RQ2: What are the papers with more cites?

The most cited study (Moro, Cortez, and Rita 2015) (c = 62) refers to an analysis of business intelligence literature for bank fraud using text mining, which extend to the field of study of the banking sector, to studies (7, 20, 30, 72, 84, 107) with appointments greater than 30. Types of corruption: Fraud (77.49%), overpricing (7.05%), bribery (5.05%) and favoritims (4.66%) generate greater citations in the articles. In Table 5, the articles are sorted by the number of appointments followed by the identification number.

Number of cites	Papers
>30	7, 20, 30, 72, 84, 107
21 - 30	52
16 - 20	5, 27,58, 97, 21
11 - 15	15,24,55,128,135, 144, 88,109, 147
6 - 10	2,3,43,76,112,144, 29,12, 16,63, 49,77, 83,102,123
5	39,46,56,96,131
4	35,48,69,103
3	8,37,53,59,71,98,143110,115,118,139,142
2	25,32,36,44,51,57,65,78,85,89,119,121,124, 125,132,146
1	1,6,11,14,26,33,42,45,64,67,68,70,73,80,87,95,99,106,108,111, 130,134,137
0	4,9,10,12,13,17,18,19, 22,23,28,31,34,38,40,41,47,50,54,60,61 62,66,74,75,7 9,81,82,86,90,91,92,93,94,100,101,104,105,113,116 117,122,126,127,129,133,136,138,140,141,145

Table 5 – Most cited articles

Analyzing the countries, in Turkey, Hungary, Egypt and South Africa, all the articles cited refer to fraud, and in the vast majority of countries they predominate widely Figure 3. Kazahistan is an exception because all quotes are from articles referring to Laundering, and countries such as Iran, Taiwan, France and Neatherlands excels Overpricing

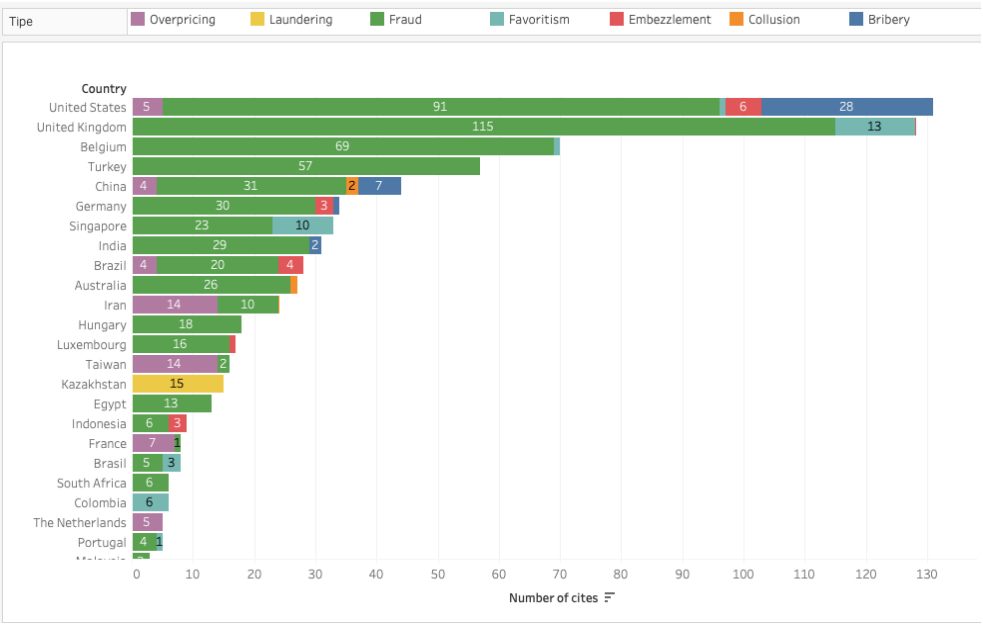


Figure 3 – Frequency of cites by country and type of corruption

3.3. RQ3. What is the geographical distribution of the authors?

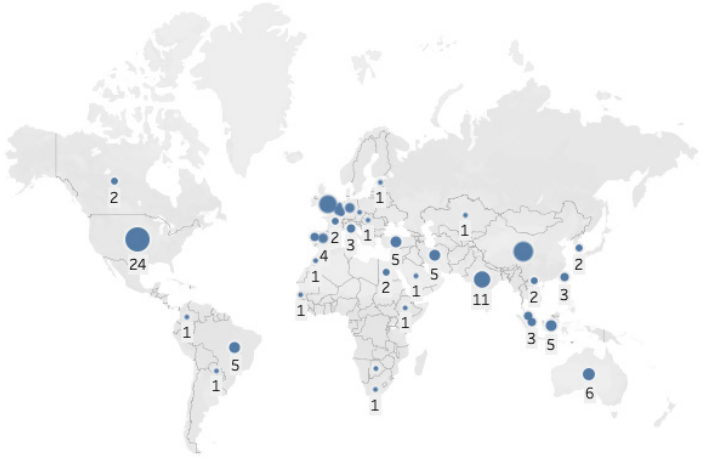


Figure 4 – Frequency of articles by country.

For the geographical distribution of the authors, the first author of the publication was considered; the leading countries with articles on data mining and corruption are United

States (16,32%), China (10,88%) and United Kingdom (8,94%) as shown in Figure 4. In Latin America, Brazil stands out (3,4%), with minimum contributions from Colombia and Paraguay. Therefore, there is an extensive research context in the Latin American social context.

3.4. RQ4: What are the journals with more publications on this line of research?

All journals with at least two scientific articles have been considered. To facilitate their reading, they have been organized by quartile according to Scopus, also considering revisions and proceedings at the emerging level (N / A without quartile location). The journal Expert Systems with Applications (CiteScore: 6.36, IF: 4.577, SNIP: 2.696, SJR: 1.190) houses the largest number of articles (7/147); as detailed in their web portal, this journal has partnered with Heliyon, an open access journal from Elsevier publishing quality peer reviewed research across all disciplines, and to publish papers dealing with the design, development, testing, implementation, and/or management of expert and intelligent systems. Other important journals are Decision Support Journal (CiteScore: 5,97, IF: 3.847, SNIP: 2.448, SJR: 1.536) and International Journal of Accounting Information Systems (CiteScore: 2.24, IF: 1.548, SNIP: 1.096, SJR: 0.478), both from Elsevier, and with a scope related to intelligent systems. As reviewed in these journals, they are an appropriate platform for the future publication of the proposed research results.

Quartil	Journal	Number of articles
N/A	ACM International Conference Proceeding Series	5
	International Journal of Advanced Computer Science and Applications	4
	Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)	3
	Proceedings of the ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining	2
	Lecture Notes in Business Information Processing	2
Q1	Expert Systems With Applications	7
	Decision Support Systems	4
	World Development	3
	Neurocomputing	2
	Journal of Development Economics	2
	IEEE Access	2
Q2	Journal of Management Information Systems	3
	Journal of Financial Crime	3
	Crime, Law and Social Change	3
	Computers & Security	2
Q3	International Journal of Accounting Information Systems	5
	Advances in Intelligent Systems and Computing	2

Table 6 – Main Journals from number of articles

3.5. RQ5: In what contexts are these studies developed?

This question is answered according to the type of corruption that is predicted or detected. According to (Ngai et al. 2011) these can be: Fraud. Favoritism, Overpricing, Collusion, Embezzlement, Bribery. In the reviewed works these can be observed that the main type of corruption studied is fraud (72.72%). These results will allow us to establish strategies to consider in the methodology of the study, focusing on the areas with less study and that require a greater contribution of science, as well as the great experience in terms of methods, algorithms, models, etc. used to study fraud, with great investigation coverage.

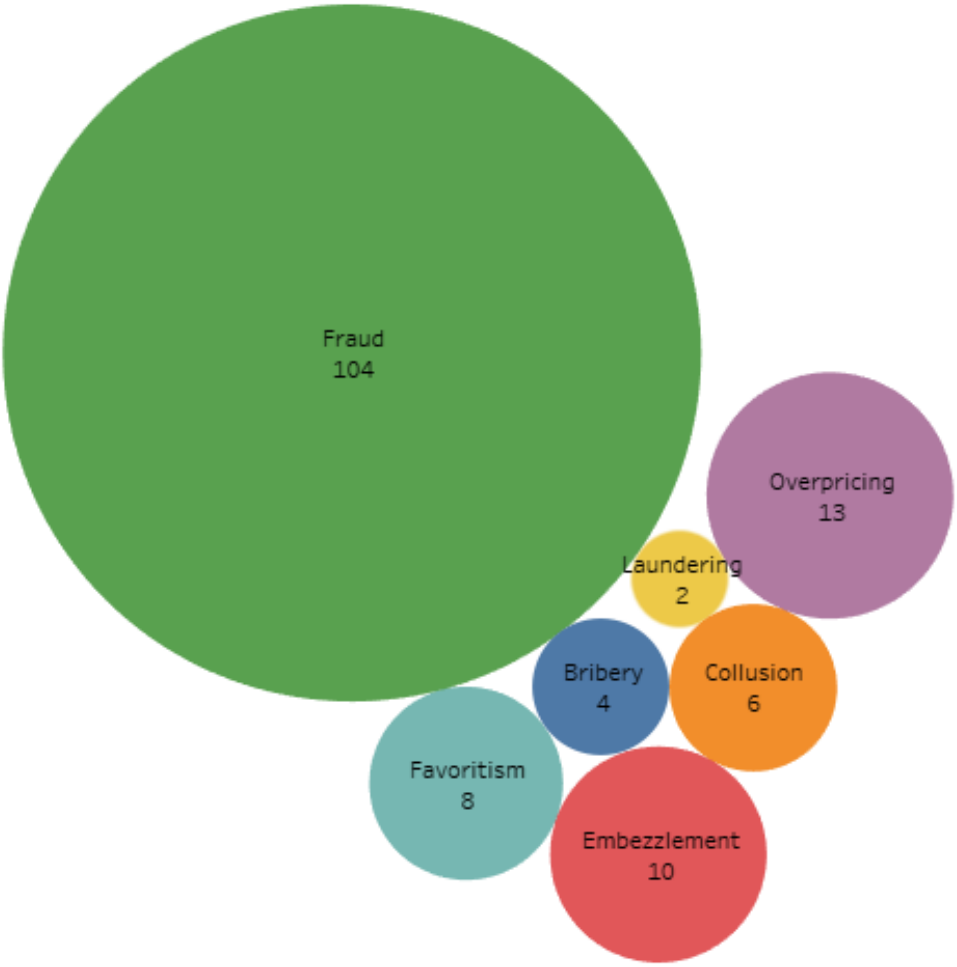


Figure 5 – Frequency of articles by research context

3.6. RQ6: What are the main topics addressed in this line of research?

To solve this question, all the keywords located in the 147 articles were summed up, adding a total of 561. In Figure 6 an analysis is carried out that identifies Fraud Detection, Financial Fraud, Data Mining and Corruption as the main ones lines of investigation. You can see some subtypes of fraud, which is the main topic of study, as discussed in the previous question.

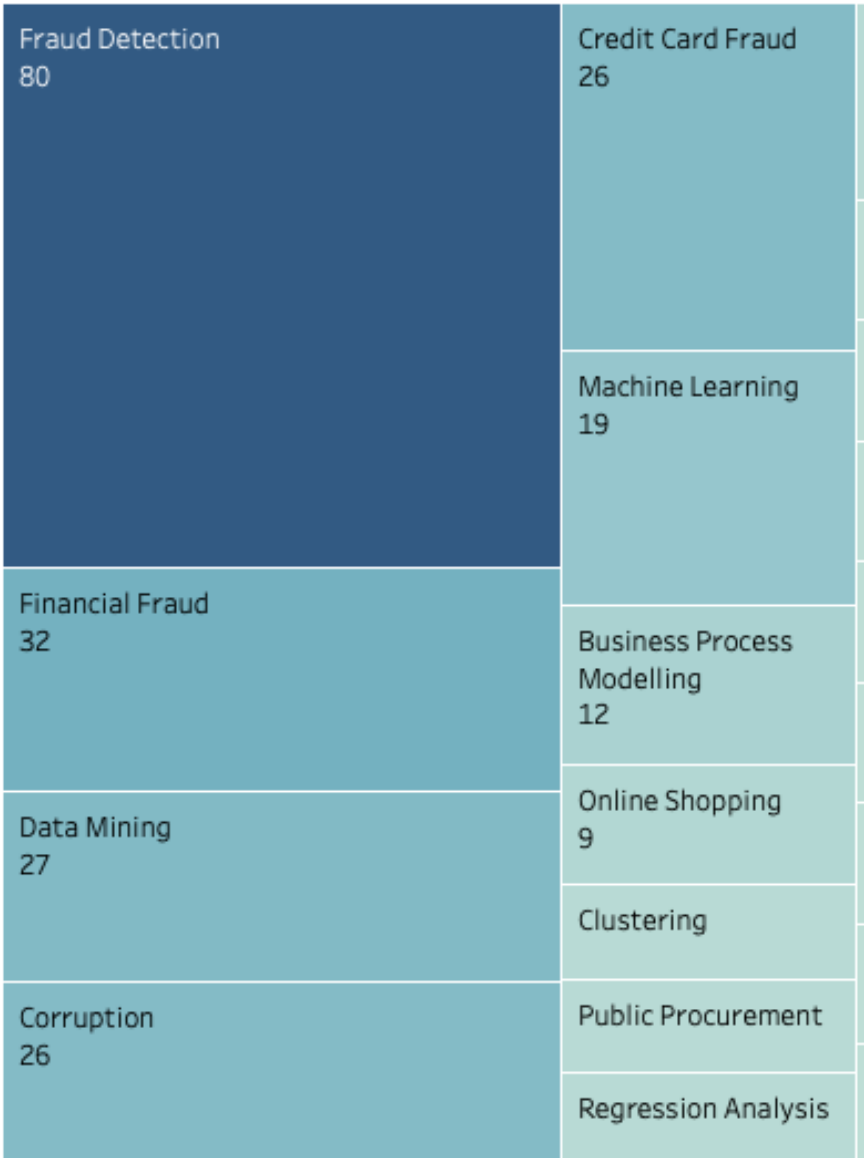


Figure 6 – Main topics of study.

Conclusions

- The articles that refer to fraud as a type of corruption, are the most cited, becoming 100% of citations in several countries in the southern European and African area. Fraud as a form of corruption in terms of citations reaches 77.49%, and other types of corruption, such as overpricing (7.05%), bribery (5.05%) and favoritims (4.66%). The interest of the scientific community in the last five years has focused on Fraud.
- Los países que más publican, no corresponden a los más citdos, así, the United States (16.32%), China (10.88%) and the United Kingdom (8.94%) are the countries with the largest publications on data mining and corruption; estos datos contrastan con los países con mayor cantidad de artículos citados, en donde China representa 7,70% y aparece Bélgica entre los tres países mas citados (9,32%); in Latin America, Brazil publishes 3.4%, and minimum contributions from Colombia and Paraguay. It is considered a research niche on the area in Latin America.
- Fraud as a typology of corruption, is also the one of greatest interest in terms of publication (72.72%), which is directly related to the citation of articles. In the field of technologies Data Mining (4.82%), machine learning (3.39%) and Clustering (1.25%) are emerging tools in this field of science. The other types of corruption and their mechanisms, supplemented with data mining, represent an important field for future research.

References

Alvarez-Jareño, José A, Elena Badal-Valero, and Jose M Pavia. 2019. *Aplicación de Métodos Estadísticos, Económicos y de Aprendizaje Automático Para La Detección de La Corrupción*. https://www.nexos.com.mx/?p=24569 (August 12, 2019).

Cassagne, Juan Carlos., and Enrique. Rivero Ysern. 2007. *La Contratación Pública*. Hammurabi. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5400799 (July 2, 2019).

Castro Cuenca, Carlos Guillermo. 2017. *La Corrupción Pública y Privada: Causas, Efectos y Mecanismos Para Combatirla - Google Play*. ed. Editorial Universidad del Rosario. https://play.google.com/books/reader?id=2KMyDwAAQBAJ&hl=es&pg=GBS.PT178.w.5.1.35 (July 2, 2019).

Cerillo Martinez, Agustií. 2015. "El Principio de Integridad En La Contratación Pública (Dúo)."

Chan, Albert P C, and Emmanuel Kingsford Owusu. 2017. "Corruption Forms in the Construction Industry : Literature Review." 143(Johnston 1996): 1–12.

Controladoria-Geral da União. 2015. "Observatório Da Despesa Pública — Controladoria-Geral Da União." http://www.cgu.gov.br/assuntos/informacoes-estrategicas/observatorio-da-despesa-publica (August 12, 2019).

DiRienzo, Cassandra E., Jayoti Das, Kathryn T. Cort, and John Burbridge Jr. 2007. "Corruption and the Role of Information." *Journal of International Business Studies* 38: 320–32. https://www.jstor.org/stable/4540422 (August 4, 2019).

García-González, Abel, and María-Soledad Ramírez-Montoya. 2019. "Systematic Mapping of Scientific Production on Open Innovation (2015–2018): Opportunities for Sustainable Training Environments." *Sustainability* 11(6): 1–15.

Goedhuys, Micheline, Pierre Mohnen, and Tamer Taha. 2016. "Corruption, Innovation and Firm Growth: Firm-Level Evidence from Egypt and Tunisia." *Eurasian Business Review* 6(3): 299–322. http://link.springer.com/10.1007/s40821-016-0062-4 (August 4, 2019).

Han, Jiawei., Micheline. Kamber, and Jian. Pei. 2011. *Data Mining : Concepts and Techniques*. Elsevier Science.

Hand, David J. 2013. "Data MiningBased in Part on the Article 'Data Mining' by David Hand, Which Appeared in the *Encyclopedia of Environmetrics* ." In *Encyclopedia of Environmetrics*, Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd. http://doi.wiley.com/10.1002/9780470057339.vad002.pub2 (August 12, 2019).

Indrajani, H Prabowo, and Meyliana. 2016. "Learning Fraud Detection from Big Data in Online Banking Transactions: A Systematic Literature Review." *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering* 8(3): 127–31. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84984816013&partnerID=40&md5=5f1e56822f7965a82a91a5a3671635c5.

Lee, Ming-Hsuan, and Mon-Chi Lio. 2016. "The Impact of Information and Communication Technology on Public Governance and Corruption in China." *Information Development* 32(2): 127–41. http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0266666914529293 (September 28, 2019).

Martinez Fernandez, Jose Manuel. 2015. "TRANSPARENCIA versus CORRUPCIÓN EN LA CONTRATACIÓN PÚBLICA. MEDIDAS DE TRANSPARENCIA EN TODAS LAS FASES DE LA CONTRATACIÓN PÚBLICA COMO ANTÍDOTO CONTRA LA CORRUPCIÓN." : 0–518.

Moran, J. 2001. "Democratic Transitions and Forms of Corruption." *Crime, Law and Social Change* 36(4): 379–93.

Moro, Sérgio, Paulo Cortez, and Paulo Rita. 2015. "Business Intelligence in Banking: A Literature Analysis from 2002 to 2013 Using Text Mining and Latent Dirichlet Allocation." *Expert Systems with Applications* 42(3): 1314–24.

Ngai, E. W.T. et al. 2011. "The Application of Data Mining Techniques in Financial Fraud Detection: A Classification Framework and an Academic Review of Literature." *Decision Support Systems* 50(3): 559–69. http://dx.doi.org/10.1016/j.dss.2010.08.006.

OECD. 2005. *Public Sector Integrity Management Framework*.

———. 2007. *Access for Tax Authorities to Information Gathered by Anti-Money Laundering Authorities*. https://www.oecd.org/ctp/exchange-of-tax-information/2389989.pdf (August 4, 2019).

Shrivastava, Utkarsh, and Anol Bhattacherjee. 2015. "ICT as a Corruption Deterrent." In *Proceedings of the Seventh International Conference on Information and Communication Technologies and Development - ICTD '15*, New York, New York, USA: ACM Press, 1–5. http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2737856.2737864 (August 4, 2019).

Torres-Carrion, Pablo Vicente, Carina Soledad Gonzalez-Gonzalez, Silvana Aciar, and Germania Rodriguez-Morales. 2018. "Methodology for Systematic Literature Review Applied to Engineering and Education." *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON* 2018-April: 1364–73.

Transparencia Internacional. 2017. "El Índice de Percepción de La Corrupción Muestra Un Estancamiento de La Lucha Contra La Corrupción En La Mayoría de Los Países." *El índice de percepción de la corrupción muestra un estancamiento de la lucha contra la corrupción en la mayoría de los países*.

Vargas-Hernández, José G. 2009. "The Multiple Faces of Corruption: Typology, Forms and Levels." *SSRN Electronic Journal*: 43.

Volosin, Natalia A. 2015. *Datos Abiertos, Corrupción y Compras Públicas*. https://idatosabiertos.org/wp-content/uploads/2015/10/5.-Corrupcion-y-compras-publicas-Volosin1.pdf (August 4, 2019).

Woodie, Alex. 2016. "Inside the Panama Papers: How Cloud Analytics Made It All Possible." https://www.datanami.com/2016/04/07/inside-panama-papers-cloud-analytics-made-possible/ (August 12, 2019).

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

Recebido/Submission: 15/12/2019
Aceitação/Acceptance: 05/02/2020

Evaluación de soluciones de QoS para una Red de Área Local

Marely del Rosario Cruz Felipe[1], Jenmer Maricela Pinargote Ortega[2], Dannyll Michellc Zambrano Zambrano[3]

mcruz@utm.edu.ec, jmpinargote@utm.edu.ec, mdzambrano@utm.edu.ec

[1,2,3] Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Informáticas, 130105, Portoviejo, Ecuador.

Pages: 27–40

Resumen: En el presente artículo se muestra la evaluación de diferentes mecanismos de QoS para una red de área local. Se realizó la simulación en una red objeto, la red de la facultad de Ciencias Informáticas de la UTM. La implementación de QoS es evaluada mediante el simulador Opnet y comparada con valores reales a partir de mediciones. Las herramientas utilizadas para el desarrollo de la presente investigación fueron Iperf y Opnet para el monitoreo y simulación respectivamente. Para el análisis del rendimiento de la red, se analizaron los parámetros de calidad de servicio: caudal, latencia, pérdida de paquetes y disponibilidad. Se obtuvo como resultado de las mediciones y la simulación que, implementar configuraciones de QoS como PQ, CQ, WFQ, RED, WRED, RSVP disminuyen la latencia y la pérdida de paquetes, mejoran el uso del ancho de banda, y aseguran la disponibilidad de cada uno de los servicios.

Palabras-clave: Red; Iperf; Opnet; QoS.

Evaluation of QoS solutions for local Area networks

Abstract: This article shows the evaluation of different QoS mechanisms for a local area network. The simulation was carried out on a red object, the network of the Faculty of Computer Science of the UTM. The implementation of QoS is the modification using the Opnet simulator and the comparison with real values from measurements. The tools used for the development of this research were Iperf and Opnet for monitoring and simulation respectively. For network performance analysis, analyze the quality of service parameters: througtput, latency, packet loss and availability. It was obtained as a result of the measurements and simulation that, implementing QoS configurations such as PQ, CQ, WFQ, RED, WRED, RSVP decrease latency and packet loss, improve bandwidth usage, and ensure the availability of Each of the services.

Keywords: Network, Iperf; Opnet; QoS.

1. Introducción

Las tendencias tecnológicas actuales, del desarrollo informático, está orientada a la consolidación de todo tipo de tráfico sobre las redes locales tradicionales, por lo que los nuevos servicios creados se comienzan a utilizar sobre redes no diseñadas para soportar los retos que imponen los mismos. Esto ha provocado la existencia de redes congestionadas, con pérdidas de paquetes y respuestas lentas. Todo ello ha obligado a la incorporación de soluciones telemáticas que permitan evaluar y mejorar los servicios que prestarán dichas redes, surgiendo la denominada calidad de servicio (QoS – Quality of Service) para las redes.

Dentro de las soluciones a estos problemas, inicialmente se trataba de incrementar el ancho de banda de dicha red, pero este es rápidamente ocupado por usuarios y servicios más exigentes cada día y se impone la necesidad de aplicar mecanismos de QoS.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones define el termino calidad de servicio como: "El efecto global de las prestaciones de un servicio que determinan el grado de satisfacción de un usuario al utilizar dicho servicio" (UIT- T [E 800], 2018).

En el caso de los servicios de telecomunicaciones, no cabe dudas de que una buena parte de la satisfacción del usuario tendrá relación con el funcionamiento de la red, es por ello que determinados trabajos de la QoS se orientan a los aspectos técnicos de la red, como los originados por el Comité de Tareas de Ingeniería de Internet (IETF, Internet Engineerring Task Force), los que definen la QoS como: Conjunto de requisitos del servicio que debe cumplir la red en el transporte de un flujo, por lo que la calidad del funcionamiento de la red se puede ver a partir de parámetros de QoS que están en consonancia con las exigencias de los usuarios.

Según (Cisco, 2009) la calidad de servicio (QoS) refiere a la capacidad de una red de proporcionar un mejor servicio al tráfico de la red seleccionada sobre las diversas tecnologías subyacentes. Es un conjunto de tecnologías que permite que las aplicaciones soliciten y reciban niveles de servicio predecibles en términos de la capacidad de rendimiento de datos. En particular, las funciones de QoS ofrecen un servicio de red mejor y más previsible a través de los siguientes métodos: Soportar el ancho de banda dedicado, mejora de las características de pérdida, cómo evitar y administrar la congestión de la red, formar el tráfico de la red y configuración de prioridades de tráfico en la red.

Para la evaluación del desempeño de la QoS, en una red, existen diferentes formas entre las que se encuentran: las herramientas de gestión de redes y los modelos de evaluación y simulación de las mismas (Rousseau, 2013) (Salcedo, Lopez, & Rios, 2011). Las herramientas de gestión, aunque realizan mediciones de tráfico en tiempo real, son en su mayoría, propietarias; lo que no permite la flexibilidad de una modificación para satisfacer necesidades que surgen constantemente. Estas, además, las adecua el fabricante a su conveniencia y las orienta para la gestión y el control de la tecnología diseñada en ese momento y no para simular procesos de una red, ni para comprobar potencialidades (Junco, 2018).

Desde hace años se viene hablando de las ventajas de la QoS y algunos expertos advierten que la necesidad de la misma, en entornos de red local, sin tener que aumentar el ancho

de banda, está dado por el uso de los nuevos servicios sensibles a la latencia, como por ejemplo VoIP y video (Diaz, 2013).

La red de la Facultad de Ciencias Informáticas tiene un rendimiento bajo en capacidad de respuestas, con una latencia elevada, posee servidores con limitaciones de hardware, con varios servicios funcionando en un mismo servidor físico, además no existe la aplicación de calidad de servicio, lo cual disminuye el rendimiento de la red. Además, el Internet es limitado por cuello de botella en el acceso a la Facultad de Ciencias Informáticas.

El objetivo de este artículo es evaluar el rendimiento de una red de área local donde se implementan mecanismos de QoS, para determinar una propuesta de red en el que se toma como red objeto la red de la Facultad de Informática de la UTM.

El artículo está estructurado de la siguiente manera: la sección 2 muestra la metodología aplicada, la sección 3 presenta los resultados; y en la sección 4 se establecen las conclusiones.

2. Metodológia

Se lleva a cabo un estudio de caso con diseño no experimental y un enfoque cuantitativo de la investigación.

Los métodos aplicados en la investigación se detallan a continuación:

2.1. Inductivo-deductivo

Este método permitió comprender el problema de la investigación, se identificaron los requerimientos de los parámetros de QoS.

2.2. Analítico-sintético

Posibilitó la simulación de la red objeto para comprobar el desempeño de los mecanismos de QoS y seleccionar los adecuados.

2.3. Histórico-lógico

Permitió comprender los parámetros de QoS y su relación con el desempeño de una red.

2.4. Simulación

Permitió simular el funcionamiento de una red objeto y evaluar los mecanismos de QoS.

2.5. Medición

Permitió medir los parámetros de la red para compararlos con los resultados de la simulación.

3. Resultados

Este acápite consiste en realizar un análisis de la red, para lo cual se simuló la LAN de la FCI en el programa Opnet, considerando varios escenarios para representar su desempeño

actual y posteriormente implementar dispositivos que permitan configuración de QoS, como las técnicas de encolamiento FIFO (First In First Out), PQ (Priority Queuing), CQ (Custom Queuing), WFQ (Weighted Fair Queuing), además también se empleará algoritmos de evasión de congestión RED (Random Early Detection) y WRED (Weighted Random Early Detection).

3.1. Simulación de la red FCI

El objetivo de la simulación es medir los tiempos de respuesta y pérdidas de paquetes en cada uno de los escenarios creados de la red de la FCI. Se creó un escenario con diferentes configuraciones de flujo, tomando en consideración el diseño de la red actual. La duración de la ejecución de la simulación fue de 25 minutos.

En todos los escenarios se avaluó la pérdida de paquetes (Traffic dropped (packets/sec) – Packet loss ratio), los tiempos de respuesta (Delay), el caudal utilizado (Troughput (packets/sec)).

Este escenario fue creado en la herramienta de simulación Opnet (Jakhar & Vats, 2014), considerando las características reales de la red física y lógica de la Facultad de Ciencias Informáticas, con el objetivo de poder evaluar el rendimiento de la misma y las posibles mejoras aplicando calidad de servicio.

La Figura 1 presenta la estructura de la red alámbrica de la Facultad de Ciencias Informáticas en Opnet, donde se muestra la topología con sus respectivos dispositivos, tales como servidores, switch y estaciones de trabajo (computadores).

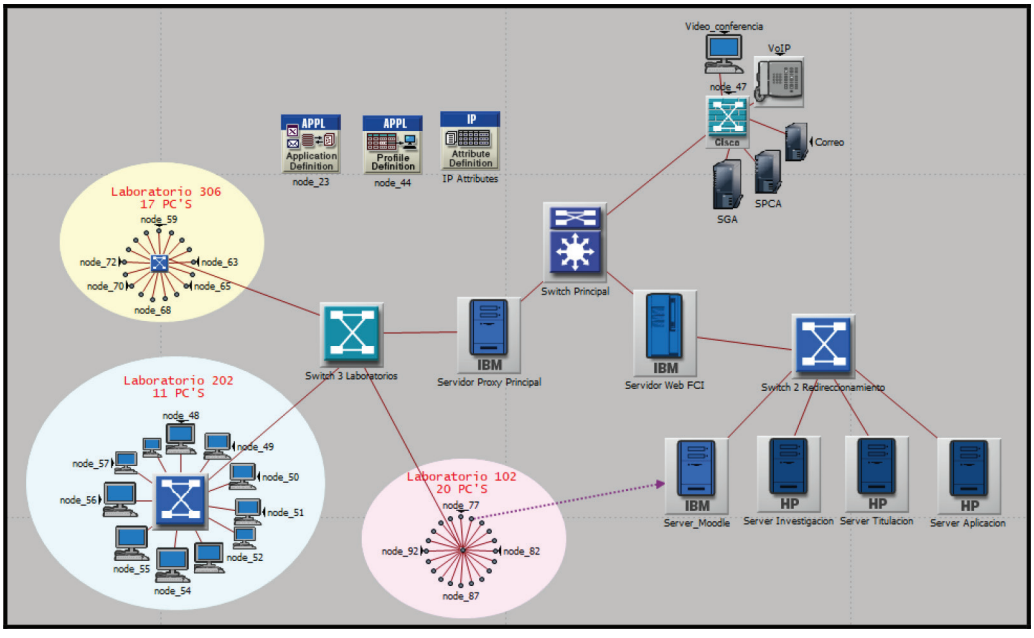


Figura 1 – Topología de la red de la FCI en Opnet

3.2. Evaluación de resultados aplicando mecanismos de encolamiento QoS

Una vez creada la topología de la red se procedió a aplicar los diferentes algoritmos de QoS en cada escenario, obteniendo los siguientes resultados:

En la Figura 2 se muestra el comportamiento de la latencia de acuerdo a los distintos mecanismos de cola. Se puede apreciar que el método FIFO no representa mejora alguna, por lo tanto, no ofrece calidad de Servicio (QoS), mientras que los algoritmos PQ, CQ y WFQ si muestran una disminución del retardo, siendo WFQ el más eficiente.

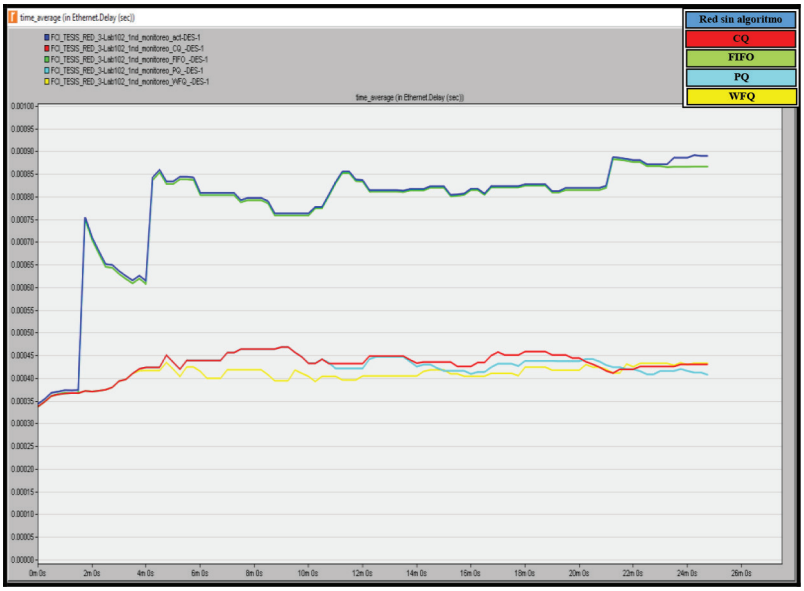


Figura 2 – Comportamiento de la Latencia.

En la Figura 3 se puede apreciar que FIFO tiene el peor comportamiento en cuanto al caudal que presentan los demás mecanismos de encolamiento. Por otro lado, se observa que CQ tiene el mejor uso del Throughput de la red.

En el análisis de la pérdida de paquetes tiende a cero, resultados que es aceptable puesto que con la aplicación de los algoritmos CQ, PQ y WFQ se optimizan los recursos de la red, permitiendo que los paquetes transmitidos lleguen a su destino, disminuyendo significativamente las posibles pérdidas, además el FIFO, no contiene mecanismos de diferenciación de paquetes, por lo tanto, no es aplicable en este caso.

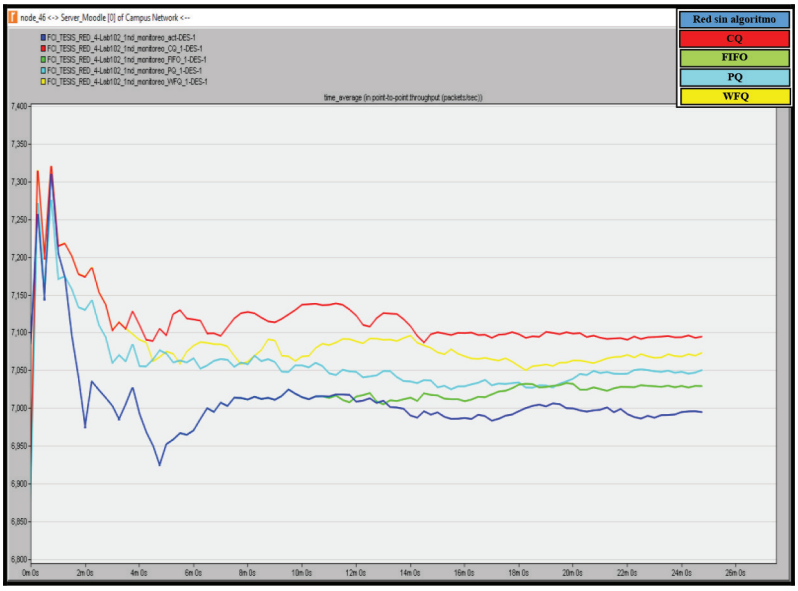


Figura 3 – Comportamiento del Througtputh.

3.3. Aplicando mecanismos de evasión de congestión

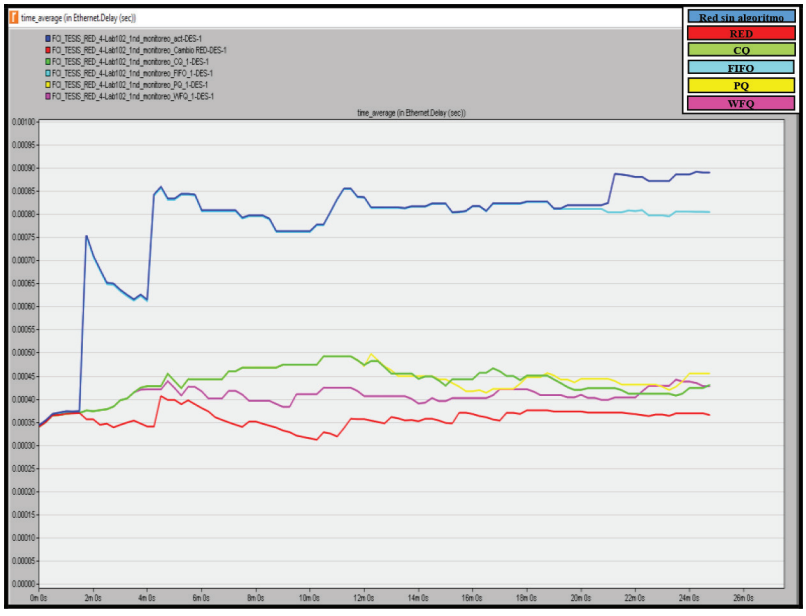


Figura 4 – Comportamiento de la Latencia con el algoritmo evasión de congestión RED.

En la Figura 4 se observa que el valor de la latencia es muy elevado en el escenario sin algoritmo y en el que se aplicó mecanismo FIFO y al configurar el algoritmo de evasión de congestión RED, el flujo del tráfico disminuye significativamente. En los mecanismos denominados CQ, PQ y WFQ, no se obtiene una disminución mayor, pero si hay una mejoría notable en el tráfico de la red.

En la figura 5 se puede apreciar que el caudal en el escenario sin algoritmo y en el escenario de mecanismo de encolamiento FIFO tiene un valor menor del throughput al aplicar el algoritmo de evasión de congestión RED. En los mecanismos de encolamiento CQ, PQ y WFQ también hay una importante mejora en el caudal obtenido. Por lo tanto, se puede acotar que el uso de RED es adecuado cuando se requiere ampliar el ancho de banda.

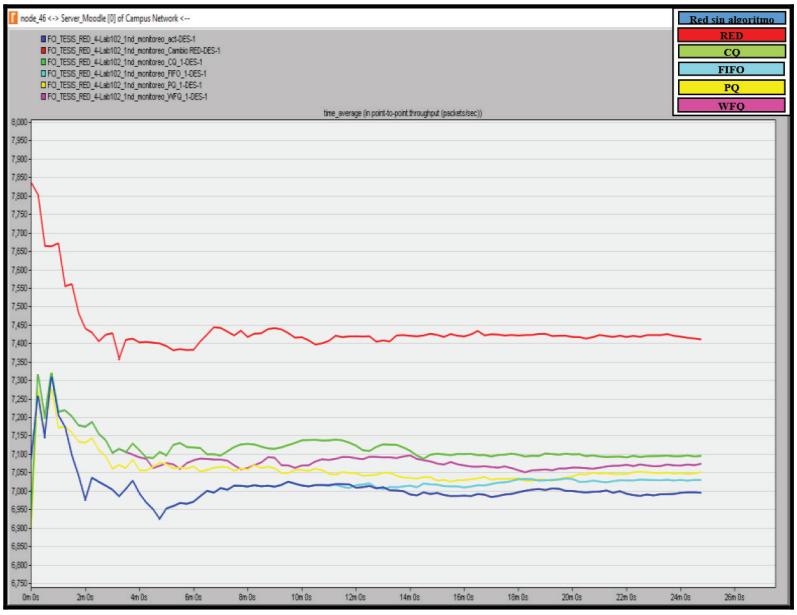


Figura 5 – Comportamiento del Throughput con el algoritmo de evasión de congestión RED.

En la Figura 6 se observa que el retardo y el caudal del escenario sin algoritmo y de la topología con mecanismo FIFO es significativo, en cuanto a los resultados que presentan los algoritmos de encolamiento CQ, PQ y WFQ. Por lo tanto, en este caso WRED disminuye la latencia, siendo más significativo el algoritmo WFQ en el cual se disminuye más la latencia.

En la figura 7 se observa el comportamiento del Throughput con los mecanismos de encolamiento FIFO, PQ, CQ y WFQ los cuales tiene un menor ancho de banda disponible, en comparación al algoritmo WRED que amplía más el caudal, por lo tanto, es más satisfactorio.

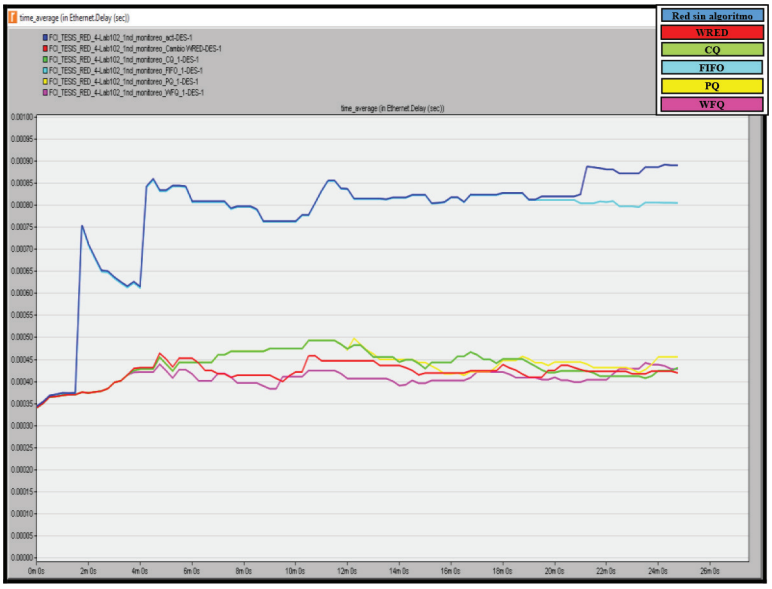


Figura 6 – Comportamiento de la Latencia con el algoritmo evasión de congestión WRED.

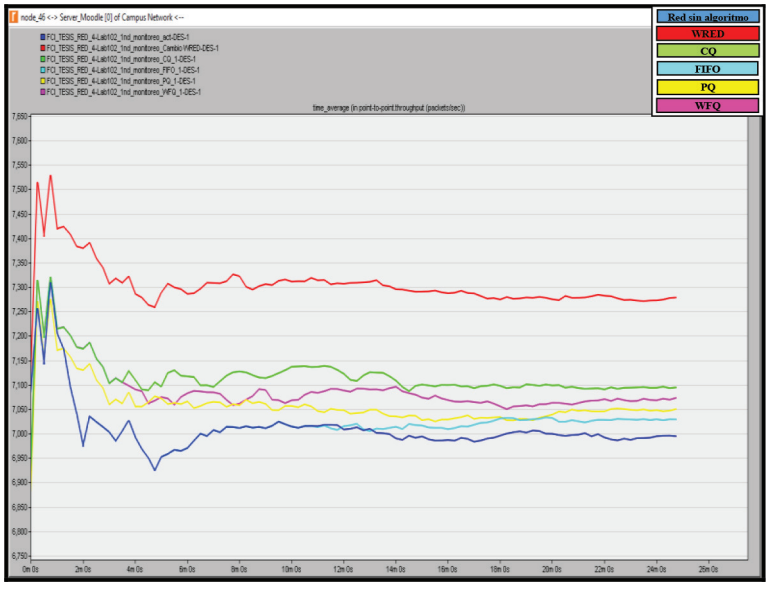


Figura 7 – Comportamiento del Throughput con el algoritmo de evasión de congestión WRED.

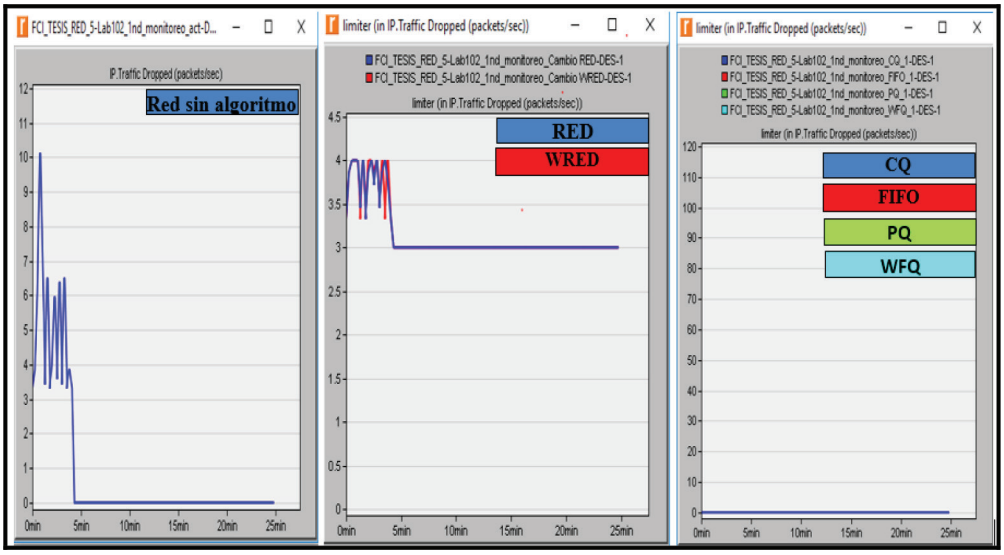


Figura 8 – Algoritmo de evasión de congestión RED y WRED (Pérdida de Paquetes)

En la Figura 8 se visualizan las estadísticas de la pérdida de paquetes del escenario sin configuraciones QoS, así como también de los resultados obtenidos, aplicando mecanismos de cola y algoritmos de evasión de congestión. Comparando dichos valores se aprecia claramente que existe mayor pérdida en la red sin algoritmos QoS, a diferencia de los escenarios configurados con CQ, PQ, WFQ, donde la pérdida de paquetes tiende a 0, cabe recalcar que FIFO no es aplicable en este caso debido a que no contiene diferenciación de paquetes. Además, es importante destacar que al utilizar RED y WRED se obtiene una considerable disminución del valor de los paquetes perdidos, demostrando que también son eficientes para optimizar los recursos de la red.

3.4. Comparación de las mediciones reales con respecto a la simulación

La evaluación de la red se realizó con el mismo criterio de la simulación, se accedió a los laboratorios de cada piso del edificio de la FCI para efectuar las respectivas mediciones.

	Piso 1	**Piso 2**	**Piso 3**
Laboratorio	102	202	306
No PC	20	11	17

Tabla 1 – Laboratorios de la FCI escogidos para las mediciones de la red

Para esta etapa se utilizaron dos métodos de medición, para analizar el parámetro de la latencia se empleó el comando ping y para medir el caudal y pérdida de paquetes se usó

la herramienta de monitorización Iperf (Diniz da Silva, P., & Alves, N., 2014) que trabaja en modo cliente- servidor. En las pruebas se obtuvieron los valores del throughput, paquetes perdidos y el tiempo de respuesta entre el cliente y el servidor Moodle el cual fue escogido por ser uno de los que más demanda de usuarios tiene y por lo tanto hace posible que el servicio no siempre esté disponible o funcione correctamente.

Además, una vez obtenidos los valores de latencia, throughput y pérdida de paquetes, de las mediciones reales también se procedió a analizar los mismos parámetros en la Red de la FCI simulada en el programa Opnet, para validar su veracidad.

Comparación entre el nodo 1 del lab 102 y el servidor Moodle con respecto a la simulación.

En la Figura 9 se representan los puntos en los que se realizó la medición en la simulación, siendo el nodo 1 del laboratorio 102 primer piso el cliente, el nodo 1 del laboratorio 202 y el nodo 10 del laboratorio 306 con respecto al servidor Moodle. Para obtener resultados de latencia, caudal y pérdida de paquetes.

En la Figura 10 se muestran los resultados de la medición con la herramienta Iperf3 y el ping entre el nodo 1 del laboratorio 102 primer piso de la FCI y el servidor Moodle del centro de datos, aquí se puede observar que el caudal entre el cliente y servidor es de 32.8 Mbps/sec., 4 paquetes perdidos y una latencia promedio 3 ms.

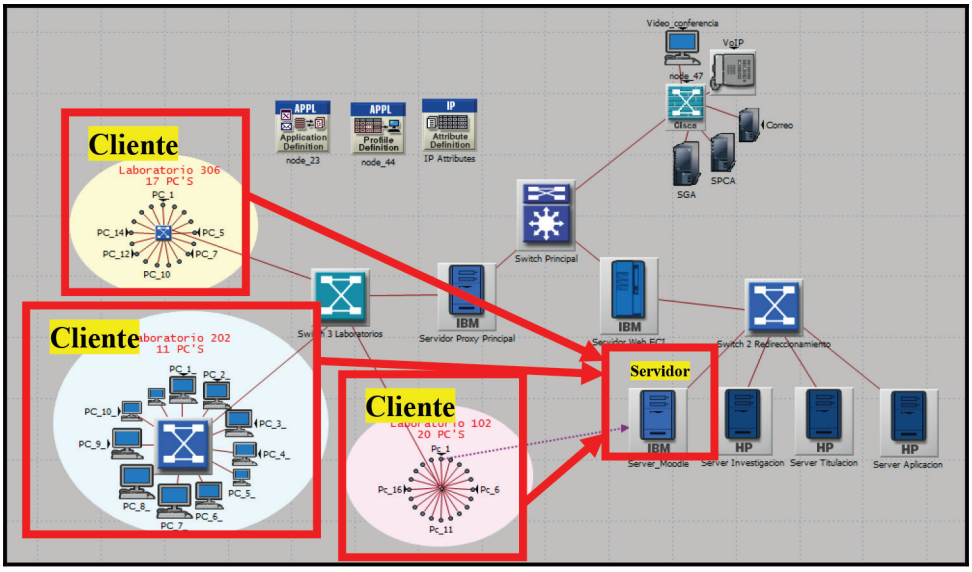


Figura 9 – Puntos de medición en la simulación entre los laboratorios 102, 202 y 306 con respecto al servidor Moodle.

En la Figura 10 se muestran los resultados del throughput, latencia (delay) y pérdida de paquetes de la simulación de las peticiones realizadas por el nodo 1 del laboratorio 102 piso 1 al servidor Moodle, teniendo un caudal de 32.7 Mbps, una latencia que oscila entre 0 y 50 ms, dando un promedio de 2.5 ms, y una pérdida de 4 paquetes.

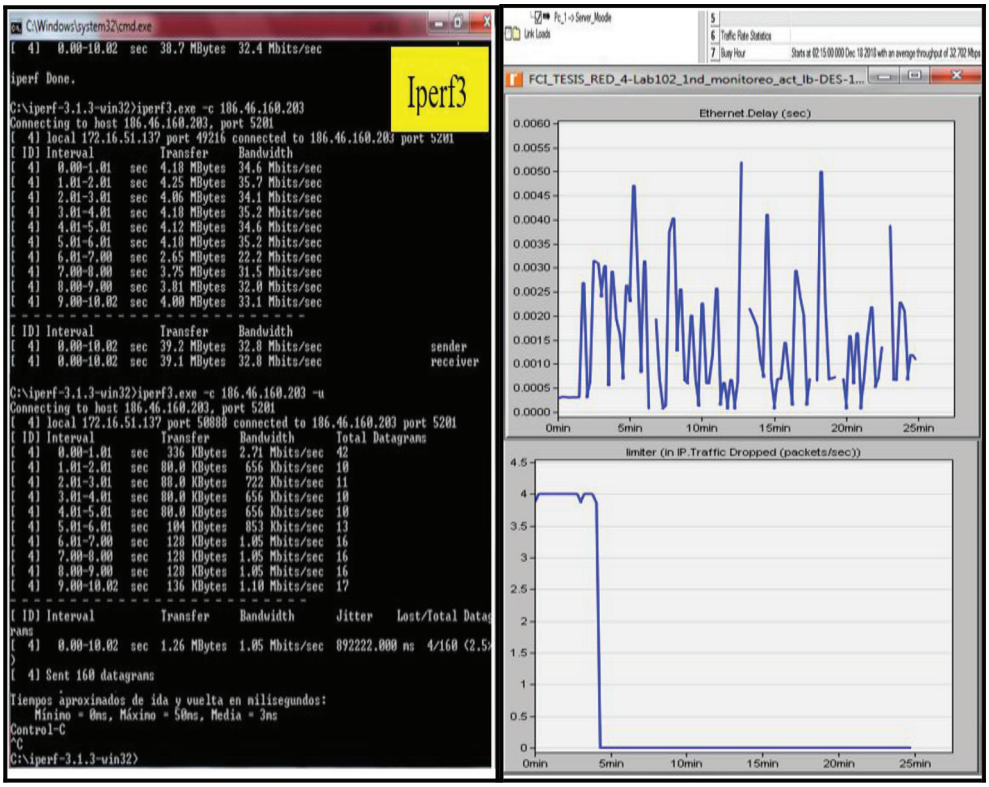


Figura 10 – Medición real del nodo 1 del laboratorio 102 al servidor Moodle

Una vez obtenido los valores de latencia, caudal y pérdida de paquetes, con el monitoreo mediante Iperf3 y el ping, así como también los de la simulación en Opnet entre el nodo 1 del laboratorio 102 del primer piso y el servidor Moodle, escenario representado en la Figura 7, se analizan y comparan los resultados entre las mediciones reales y las estadísticas de la simulación, obteniendo que, tanto en Iperf3 como en Opnet los parámetros QoS oscilan de manera similar, como se muestra en Tabla 2.

Mediciones/parámetros QoS	**Caudal**	**Latencia (ms)**	**Pérdida de paquetes**
Monitoreo	32,8	3	4
Simulación	32,7	2,5	4

Tabla 2 – Comparación de los resultados reales y simulados del nodo 1 laboratorio 102

En la Figura 11 se muestran los resultados de la medición con la herramienta Iperf3 y el ping entre el nodo 1 del laboratorio 202 segundo piso de la FCI y el servidor Moodle del centro de datos, aquí se puede observar que el caudal entre el cliente y servidor es de 34.7 Mbps/sec., 1 paquete perdido y una latencia promedio 9 ms.

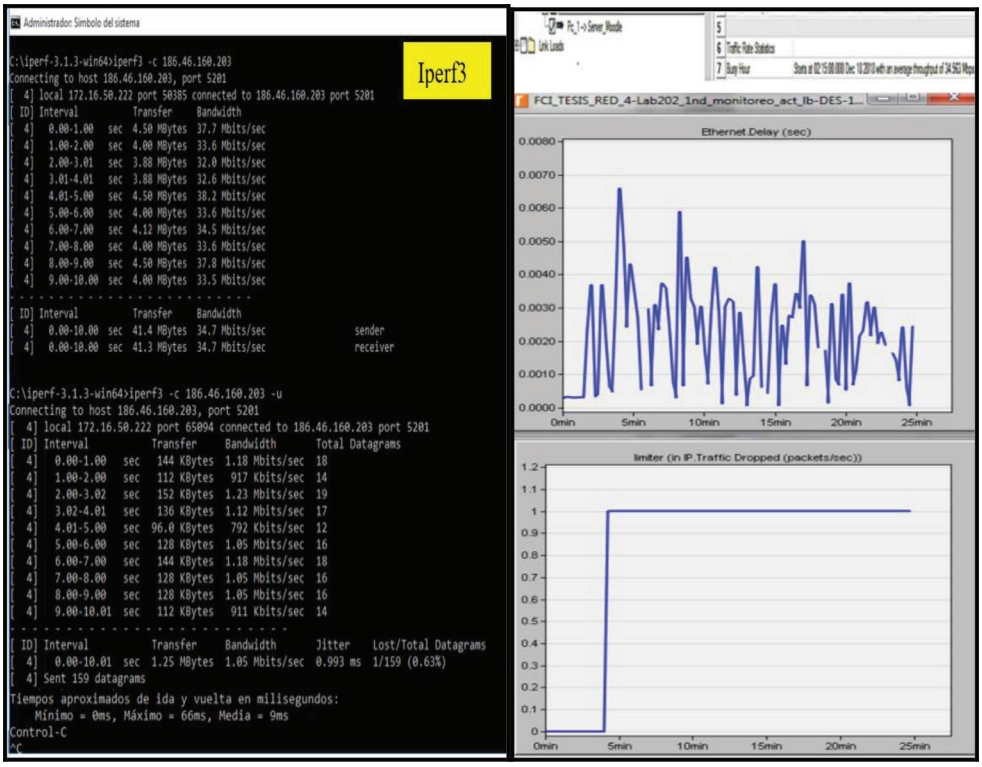


Figura 11 – Medición real del nodo 1 del laboratorio 202 al servidor Moodle

En la Figura 11 se muestran los valores de latencia, caudal y pérdida de paquetes, con el monitoreo mediante Iperf3 y el ping, así como también los de la simulación en Opnet entre el nodo 1 del laboratorio 202 del segundo piso y el servidor Moodle, se analizan y comparan los resultados entre las mediciones reales y las estadísticas de la simulación, obteniendo que, tanto en Iperf3 como en Opnet los parámetros QoS oscilan de manera similar, como se muestra en Tabla 3.

Mediciones/parámetros QoS	Caudal	Latencia	Pérdida de paquetes
Monitoreo	34,7	9	1
Simulación	34,5	3	1

Tabla 3 – Comparación de los resultados reales y simulados del nodo 1 laboratorio 202

En la Figura 12 se muestran los resultados de la medición con la herramienta Iperf3 y el ping entre el nodo 10 del laboratorio 306 tercer piso de la FCI y el servidor Moodle del centro de datos, aquí se puede observar que el caudal entre el cliente y servidor es de 31.5 Mbps/sec., 1 paquetes perdidos y una latencia promedio 9 ms.

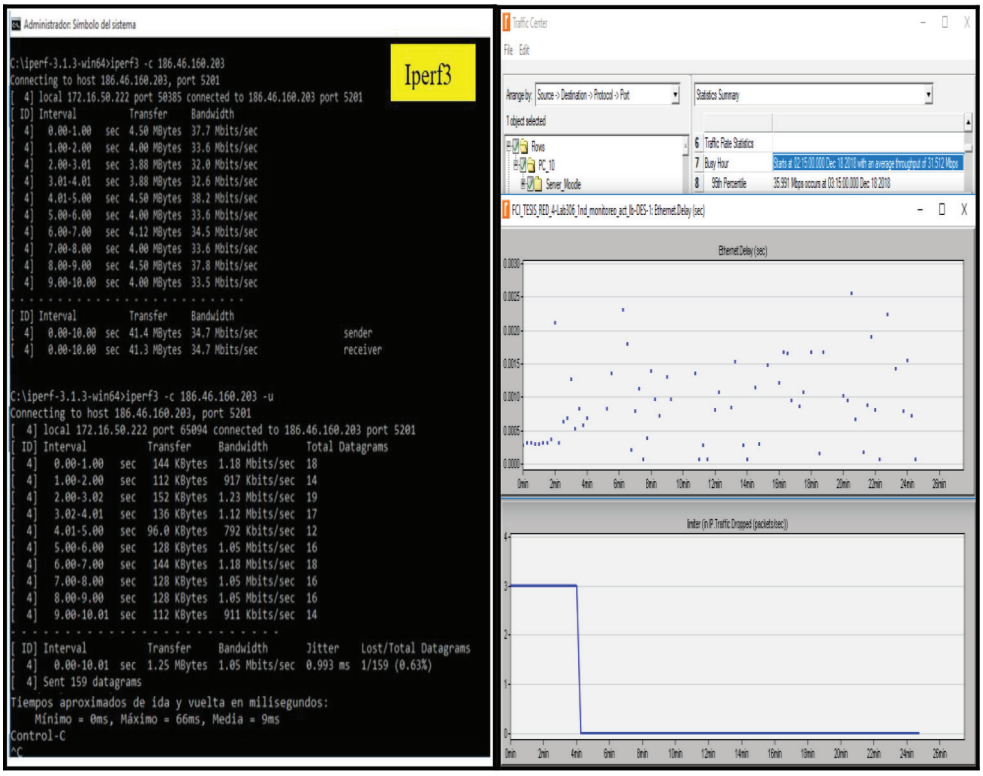


Figura 12 – Medición real del nodo 10 del laboratorio 306 al servidor Moodle.

Una vez obtenido los valores de latencia, caudal y pérdida de paquetes, con el monitoreo mediante Iperf3 y el ping, así como también los de la simulación en Opnet entre el nodo 10 del laboratorio 306 del tercer piso y el servidor Moodle, se analizan y comparan los resultados entre las mediciones reales y las estadísticas de la simulación, obteniendo que, tanto en Iperf3 como en Opnet los parámetros QoS oscilan de manera similar, como se muestra en Tabla 4.

Mediciones/parámetros QoS	**Caudal** (Mbps)	**Latencia (ms)**	**Pérdida de paquetes**
Monitoreo	34,7	9	1
Simulación	31,5	10	3

Tabla 4 – Comparación de los resultados reales y simulados del nodo 10 laboratorio 306.

Conclusiones

Se logró analizar que para determinar el rendimiento de una LAN que muestre los parámetros de latencia, throughput, pérdida de paquetes y disponibilidad, una de las

mejores herramientas para monitorear es la denominada Iperf3, y para la simulación de la red es Opnet.

Se analizó que el tráfico de la red de la FCI es variado, dependiendo de la cantidad de usuarios conectados. En este análisis se obtuvieron datos de los parámetros de QoS, los cuales son desfavorables, teniendo en cuenta que los dispositivos en la actualidad no tienen implementado calidad de servicio.

Se simuló la red y se obtuvo que al aplicar los diferentes algoritmos de atención a cola para garantizar la calidad de Servicio (QoS) como: FIFO, CQ, PQ, WFQ, se obtienen diferentes resultados de los parámetros de QoS, siendo el mecanismo de atención a cola CQ el de mejor desempeño para el parámetro throughput y el WFQ para la latencia y con CQ, PQ y WFQ se obtuvo un correcto desempeño del parámetro pérdida de paquetes.

Se realizó la comparación entre los métodos de monitoreo y simulación de la red FCI, y se observó resultados similares en cuanto a los parámetros de QoS con ambas aplicaciones, lo cual permitió verificar la validez de los resultados.

Referencias

Cisco. (2009). *Quality of Service (QoS)*. Retrieved from: https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/quality-of-service-qos/qos-policing/2283 3-qos-faq.html

Díaz, E., Martínez Gómez, R., Cruz Felipe, M., & Puig Diaz, P. (2013). QoS en Redes de Área Local. *Revista Sociedad de la Información*. 43, 1-10, Retrieved from: http://www.sociedadelainformacion.com/43/qos_43.pdf

Diniz da Silva, P., & Alves, N. (2014). Herramienta iperf: Generación de tráfico TCP y UDP . Centro Brasileño de Investigaciones Físicas.

IETF (1998.). *RFC 2386: Framework for QoS-based Routingin the Internet*, Retrieved from: https://tools.ietf.org/html/rfc2386

Junco, G., & Rabelo, S. (2018). Los recursos de red y su monitoreo. *Revista Cubana de Informática Medica*. Retrieved from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18592018000100009.

Rousseau Frey, A. C. (2013). Medición de parámetros y Simulación de la red Ethernet.

UIT-T [E 800]. (2018). *Reducción de la congestión y de la variación del retardo en redes Ethernet*. Retrieved from: http://it.aut.uah.es/josema/publicaciones/jittel01.pdf.

Salcedo, O., Lopez, E., Rios A., (2011). Desempeño de la Calidad de servicio sobre redes IPv6. *Revista Tecnura*, 15(28) 32-41, Retrieved from: http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v15n28/v15n28a04.pdf

Jakhar, N., & Vats, K. (2014). OPNET based Performance Evaluation of WIMAX Network with WIMAX Management using Different QoS. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 3(6), 862–872. Retrieved from: https://ijcsmc.com/docs/papers/June2014/V3I6201499a28.pdf

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

Recebido/Submission: 16/11/2019
Aceitação/Acceptance: 20/01/2020

Proceso de Ciberseguridad: Guía Metodológica para su implementación

Jessica Johanna Morales Carrillo[1], Nerina Avellán Zambrano[1],
Tevin Javier Lectong Zambrano[2], Ing. María Zambrano Bravo[2]

jmorales@espam.edu.ec, a-n182011@hotmail.com, tlectong@gmail.com, mafer_29z@hotmail.com

[1] Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, 1306021, Calceta, Ecuador

[2] ESPAM MFL EP Empresa Pública, 130601, Calceta, Ecuador.

Pages: 41–50

Resumen: El objetivo de esta investigación es presentar el diseño de una guía metodológica para la aplicación del proceso de ciberseguridad que permita tener detalladamente los pasos, procesos y herramientas a utilizar. Se empleó el método analítico, así como instrumentos (Checklist) propuestos por la norma ISO/IEC 27032. Se identificaron tres fases para el diseño de la guía, siendo estos: Auditoría interna en los procesos de las áreas de Redes, Desarrollo de Software y Documentación; Análisis de Vulnerabilidades e Identificación de Riesgos. Como resultado de la propuesta se presenta un esquema de ciberseguridad aplicada a sistemas distribuidos, en los dominios de seguridad de la información, de redes y aplicaciones, junto con las herramientas e instrumentos necesarios en la aplicación del proceso de ciberseguridad.

Palabras-clave: Ciberseguridad, Ciberespacio, Ciberataque, vulnerabilidades, Guía metodológica.

Cybersecurity Process: Methodological Guide for its implementation.

Abstract: The objective of this research is to present the design of a methodological guide for the application of the cybersecurity process that allows detailed steps, processes and tools to be used. The analytical method was used, as well as instruments (checklist) proposed by the ISO / IEC 27032 standard. Three phases were identified for the design of the guide, these being: Internal audit in the processes of the areas of Networks, Software Development and Documentation; Vulnerability Analysis and Risk Identification. As a result of the proposal, a cybersecurity scheme is applied to distributed systems, in the domains of information security, networks and applications, together with the tools and instruments necessary in the application of the cybersecurity process.

Keywords: Cybersecurity, Cyberspace, Cyberattack, vulnerabilities, Methodological guide.

1. Introducción

En las últimas décadas, las nuevas tecnologías, los servicios electrónicos y redes de comunicación se han visto cada vez más integradas en el quehacer diario; las empresas, la sociedad, el gobierno y la defensa nacional dependen del funcionamiento de las tecnologías de la información y comunicaciones (TICs) y de la operación de las Infraestructuras Críticas de Información (ICIs); el transporte, las comunicaciones, el comercio electrónico, los servicios financieros, los servicios de emergencia y servicios públicos se sustentan en la disponibilidad, integridad y confidencialidad de la información que fluye a través de estas infraestructuras (Anchundia, 2017).

Como lo indica la Oficina de Seguridad para las Redes Informáticas (2018), los sistemas informáticos están sometidos a potenciales amenazas de seguridad de diversa índole, originadas tanto desde dentro de la propia organización, como desde fuera, procedentes de una amplia variedad de fuentes. A los riesgos físicos, entre ellos, accesos no autorizados a la información, catástrofes naturales, sabotajes, incendios, y accidentes; hay que sumarle los riesgos lógicos como contaminación con programas malignos, ataques de denegación de servicio y otros. Fuentes de daños como códigos maliciosos y ataques de intrusión o de denegación de servicios se están volviendo cada vez más comunes, ambiciosos y sofisticados

Durante los últimos años, la aparición de noticias sobre amenazas a la privacidad en Internet, que afectan tanto a empresas como a personas, ha despertado la conciencia en una parte muy significativa de la sociedad respecto a la importancia que tiene proteger la información en un mundo digital. Se trata además de una situación compleja, en la que el número y la variedad de ciberamenazas es cada vez más elevado dado el proceso de digitalización de toda la economía y el avance de nuevas tendencias tecnológicas, como la computación en la nube o el Internet de las cosas. Este monográfico, editado por Fundación Telefónica, ofrece una visión global de estos y otros temas, y de cómo se puede abordar la seguridad en el mundo digital, área que denominamos "ciberseguridad" (Fundación Telefónica, 2016).

Para Jaime Romero (2018) la ciberseguridad es el conjunto de herramientas, políticas, conceptos de seguridad, salvaguardas de seguridad, directrices, métodos de gestión de riesgos, acciones, formación, prácticas idóneas, seguros y tecnologías que pueden utilizarse para proteger los activos de la organización y los usuarios en el ciberentorno. Los activos de la organización y los usuarios son los dispositivos informáticos conectados, los usuarios, los servicios/aplicaciones, los sistemas de comunicaciones, las comunicaciones multimedios, y la totalidad de la información transmitida y/o almacenada en el ciberentorno.

La Ciberseguridad ha dado un incremento importante en la última década, debido a que esta ha sido consecuencia de la frecuencia de ataques informáticos que llegan a colapsar plataformas gubernamentales, con trágicas consecuencias. La seguridad en internet debería ser una prioridad para cualquier empresa u organización con presencia en el medio digital. Los hackers buscan constantemente grietas en las defensas que se colocan como protección; si la empresa opta por renunciar a la seguridad de la red informática, puede dañar gravemente su reputación, por lo que no se debe arriesgar más con la vulnerabilidad de la seguridad de la red, datos y aplicaciones (Royal, 2018).

Existen algunos países que han puesto un énfasis en la prevención de ataques de ciberseguridad. Dávila (2017) hace referencia a la publicación de la Unión Internacional de telecomunicaciones (UIT).

En el listado constan 193 países, cada uno con un rango específico de compromiso para enfrentar posibles ciberataques; y que se basa en cinco pilares básicos: medidas jurídicas, medidas técnicas, medidas organizativas, creación de capacidades y cooperación; el Ecuador se encuentra en el sexto puesto de América Latina y ocupa el puesto 66 en el listado global de los países que formaron parte del estudio, no está en estado intermedio; no figura entre los líderes, pero tampoco está en la lista de países que se encuentran en etapas iniciales de su desarrollo.

A diferencia del resto de los entornos donde se combate el ciberataque, el ciberespacio tiene una dimensión física y virtual; de esa manera, cualquier suceso que ocurra en el ciberespacio tiene efectos en el mundo físico y viceversa. Cuanto más se extienda el uso de internet en nuestro país y se aumente la dependencia a las infraestructuras y tecnologías informáticas, el nivel de vulnerabilidad se incrementará (Bejarano, 2014) (Philco, 2017).

Según Netcloud (2017) los orígenes de las vulnerabilidades son muy diferentes. Pueden ser debidas a fallos en el diseño del sistema, carencia de procedimientos o simples errores de configuración; por otro lado, la comunidad de investigadores de seguridad ha reconocido que el comportamiento humano tiene un papel crucial en muchos fallos de seguridad (Altamirano & Bayona, 2017) (Rojal, 2018).

Las vulnerabilidades han aumentado en un 9% en el último año debido principalmente a que las empresas exigen ciclos de lanzamiento de aplicaciones de manera más rápida. De acuerdo al informe este analizó a 45.000 sitios web y red escaneos realizados sobre 5.700 objetos de análisis a partir de abril de 2015 hasta marzo de 2016, los resultados muestran que el 55% de los sitios web tienen una o más vulnerabilidades de gravedad alta, este tipo de comportamiento se ha deteriorado significativamente en sólo un año, un crecimiento del 9% respecto al informe del año 2015. Además, se encontró que el 84% de las aplicaciones de Internet pueden tener vulnerabilidades de mediana gravedad, mientras que el 16% de los activos de la red perimetral también fueron susceptibles al menos en una vulnerabilidad de gravedad media (Naudi, 2016).

Como lo menciona Navarro, Urcuqui, García, & Osorio (2018) es posible disminuir el nivel de riesgo de forma significativa y con ello la materialización de las amenazas y la reducción del impacto sin necesidad de realizar elevadas inversiones ni contar con una gran estructura de personal. Para ello se hace necesario conocer y gestionar de manera ordenada los riesgos a los que está sometido el sistema informático, considerar procedimientos adecuados y planificar e implantar los controles de seguridad que correspondan.

La elevación de los niveles de seguridad en el ciberespacio se consigue implantando un conjunto de controles, que incluyan políticas, procesos, procedimientos y funciones de hardware y software, los que deben ser establecidos, implementados, supervisados y mejorados cuando sea necesario para cumplir los objetivos específicos de seguridad del ciberespacio. Sin embargo, para que cualquier control, herramienta o proceso

establecido para la seguridad del ciberespacio sea lo más segura posible, se debe realizar un buen proceso de análisis, identificación, priorización de posibles riesgos para establecer normas preventivas, correctivas de forma correcta. Una guía metodológica de ciberseguridad es una herramienta que permitirá ordenar información o darle diferentes tratamientos para interpretarlos de manera clara, sintética y práctica, a la vez que permitan dar una idea general de las diferentes fases o procesos que se llevan cabo para identificar, analizar y priorizar respectivamente cada una de las posibles vulnerabilidades y riesgo, de forma que el cumplimiento de las normas permita llevar un control preciso y esquematizado para posteriores mitigaciones de dichos impactos.

2. Materiales y métodos

Para el desarrollo de la presente propuesta, se empleó el método analítico, ya que luego del estudio teórico de lo que conlleva el proceso de ciberseguridad, y con la experiencia de aplicar este proceso en las instituciones de educación superior de Manabí (Morales, *et. al.,* 2019), se plantea una guía metodológica de Ciberseguridad. Para la presentación de los resultados se consideraron tres fases esenciales, correspondientes a: Auditoría interna en los procesos de las áreas de Redes, Desarrollo de Software y Documentación; Análisis de Vulnerabilidades e Identificación de Riesgos, en donde, el primer paso fue establecido con cuestionarios (checklist) basados en la norma ISO/IEC 27032 – Directrices de Ciberseguridad en lo que respecta a la auditoria, con los dominios: Seguridad de la información, de las redes y de las aplicaciones (ISO, 2018). En este proceso se aplicó el método cuantitativo, que permitió identificar los datos mediante la escala de Likert, donde 4 es un proceso no vulnerable, 3 poco vulnerable, 2 vulnerable y 1 muy vulnerable.

Por otro lado, para el análisis de vulnerabilidades, una vez obtenida la ponderación e identificación según los datos del cheklist, se efectúa una priorización mediante una matriz de clasificación; adicionalmente en el hallazgo de las vulnerabilidades en los sistemas distribuidos en instituciones, se aplica la verificación por medio de herramientas de escaneo de vulnerabilidades como: Shodan, Nessus, y Acunetix; que permitieron escanear la IP pública o por enlace web de dichos sistemas, en donde se puede obtener las vulnerabilidades ya clasificadas.

Para el proceso de identificación de los riesgos de cada una de las vulnerabilidades encontradas, se elaboró la matriz AMFE (Análisis Modal De Fallos y Efectos) por cada dominio (Información, Aplicaciones y Red) de la norma aplicada, determinando así la probabilidad de ocurrencia y el impacto correspondiente al Nivel de riesgo de las vulnerabilidades, tributando acciones de mitigación y criterios de aceptación respectivamente a la guía de Ciberseguridad.

3. Resultados

El siguiente esquema está enfocado a la aplicación de ciberseguridad de sistemas distribuidos, aplicando normas y estándares de seguridad bajo los siguientes dominios: seguridad de la información, de las redes y de las aplicaciones.

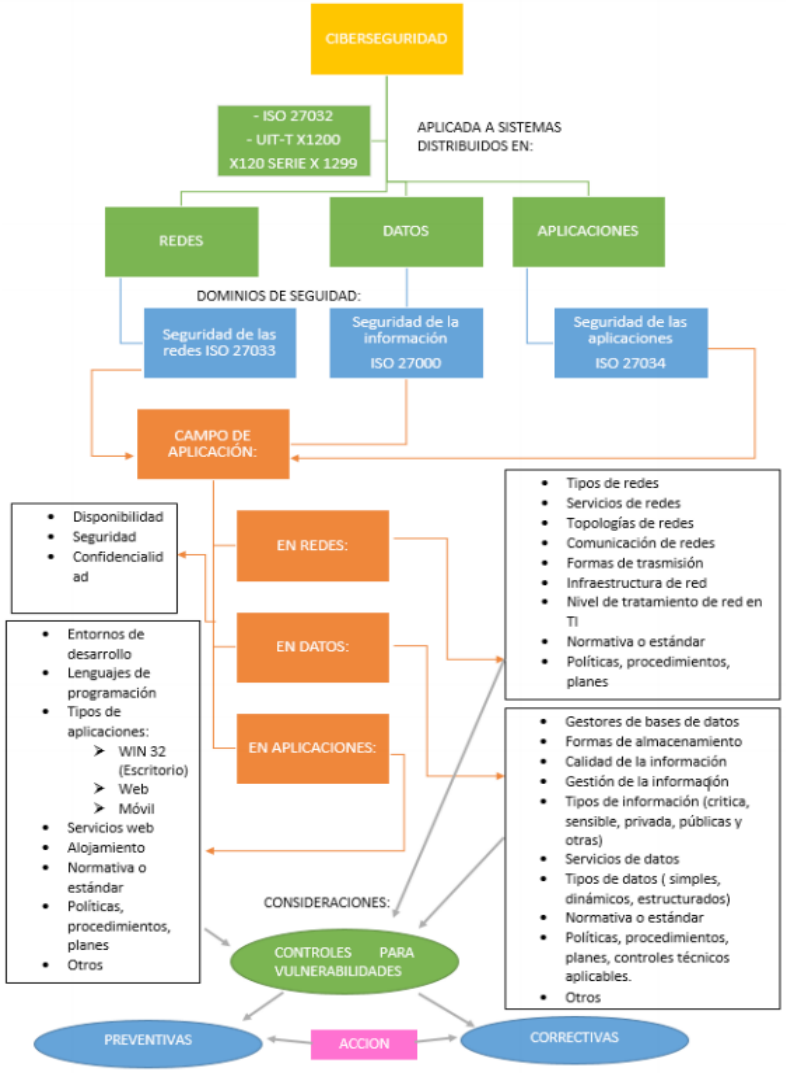


Figura 1 – Esquema de Ciberseguridad
Elaborado: Los autores

Guía metodológica para ciberseguridad

De acuerdo con el esquema planteado se propone los siguientes pasos para determinar el nivel de Ciberseguridad en los sistemas distribuidos que tienen las organizaciones:

- **Paso 1:** Auditoría interna en los procesos de las áreas de Redes, Desarrollo de Software y Documentación

La auditoría interna se realiza con la finalidad de llevar un control de los procesos que se llevan a cabo en las diferentes áreas de una organización, y a la vez verificar que el cumplimiento de estas actividades se efectúe de acuerdo a regularizaciones formales nacionales (normativas, manuales, procedimientos) e internacionales (estándares, marcos de control, buenas prácticas). El *checklist* aplicado para esta auditoría es basado en la ISO/IEC 27032 directrices de Ciberseguridad bajo los dominios de seguridad de Redes, Información y Aplicaciones para los sistemas distribuidos.

En el **cuadro 1** se observa un formato de checklist aplicable para la auditoría interna, para este caso, se puede utilizar para evaluar toda la documentación que se lleva a cabo en los procesos de seguridad de la información, así como en las aplicaciones y en las redes, por lo tanto, se elabora un checklist para cada dominio con la que trabaja la norma ISO/IEC 27032. A continuación, se detalla cada columna del checklist:

CHECKLIST DE GESTIÓN DE CIBERSEGURIDAD						
DOMINIO: SEGURIDAD DE XXXXXX Según Norma ISO/IEC XXXXX						
OBJETIVO: XXXXXXX						
Nombre del Área auditar: XXXXX			**Nombre de la Empresa: XXXXXX**			
COMPONENTE	**SECCIÓN/ISO**	**PREGUNTAS**	**SI**	**NO**	**N/A**	**OBSERVACIÓN**
	XXXXX					
XXXXXX						
	XXXXX					

Cuadro 1 – Formato de Checklist aplicable para Ciberseguridad
Elaboración: Los autores

El auditor o investigador deberá llenar los siguientes campos del checklist: En la columna **Componente** se indicará el título principal del apartado de la norma que se va aplicar y

que se tomará en consideración para la evaluación; la columna **Sección**, se especificarán los subtítulos de la columna anterior y de la misma forma solo se escogerán los indicados para la auditoría y la columna **Preguntas**, contendrá interrogantes acordes a la columna sección, serán de estructura simple o compuestas. De acuerdo a lo que responda la parte auditada se seleccionará el **SI, NO** o No Aplica **N/A.** En la columna **Observación**, se indicará la evidencia o el estado del proceso en la que se encuentra la información.

Evaluación del Checklist: Una vez obtenida los datos, se procede a ponderar las preguntas mediante la escala Likert y de esta manera verificar el cumplimiento de la norma aplicada en los procesos auditados. Esta ponderación se realiza con la finalidad de cuantificar los datos y así obtener un puntaje de acuerdo al desempeño que llevan las áreas en TI con relación a sus actividades de seguridad en los datos, aplicaciones y redes.

Para la evaluación se puede agregar dos columnas en el checklist, una para calificar la ponderación y la otra para identificar el estado en la que se encuentra la documentación. La ponderación tiene cuatro ítems, donde **4** es un proceso **No Vulnerable**, **3 Poco Vulnerable** y **2 Vulnerable** y **1 Muy Vulnerable.**

- **Paso 2:** Análisis de Vulnerabilidades

Primeramente, se procede a clasificar la información obtenida de acuerdo con la ponderación e identificación del estado de los procesos en documentación efectuada en el checklist. El resultado de la valoración serán las vulnerabilidades encontradas en los sistemas distribuidos. El análisis de las mismas corresponde a la evidencia suscitada en la solicitud de información al momento de aplicar el checklist, y de acuerdo al estado de vulnerabilidad se realiza el siguiente cuadro para su clasificación:

VULNERABILIDADES EN DOCUMENTACIÓN		
DOMINIIOS	**VULNERABILIDAD**	**Nombre de la Institución: XXXXX**
		CLASIFICACIÓN SEGÚN IDENTIFICACIÓN /PONDERACIÓN
XXXX	Descripción de la vulnerabilidad 1	Muy vulnerable
	Descripción de la vulnerabilidad 2	Vulnerable
	Descripción de la vulnerabilidad 3	Poco Vulnerable
	Descripción de la vulnerabilidad 4	Vulnerable
	Descripción de la vulnerabilidad 5	Muy vulnerable
	Descripción de la vulnerabilidad 6	Poco Vulnerable
	Descripción de la vulnerabilidad 7	Muy vulnerable
	Descripción de la vulnerabilidad 8	Muy vulnerable

Cuadro 1 – Formato de Clasificación de Vulnerabilidades en Ciberseguridad
Elaboración: Los autores

De acuerdo al **cuadro 2** en la columna **Dominio**, se especifica el dominio de seguridad (Información, Aplicaciones y Redes) de la norma aplicada, en el campo de **Vulnerabilidad**, se detalla la vulnerabilidad y de acuerdo al análisis de la evidencia obtenida en la aplicación del checklist se la procede a clasificar, es decir, que el estado de la misma depende de la evidencia que permite verificar el cumplimiento de la documentación. Y en la tercera columna se indica el nombre de la institución auditada, y el estado de la vulnerabilidad (Muy Vulnerable, Vulnerable, Poco Vulnerable). Cabe mencionar que se pueden tomar solo los tres últimos estados de la escala de Likert para la clasificación de las vulnerabilidades.

Para profundizar la investigación se puede adoptar herramientas tecnológicas de escaneo de vulnerabilidades en los sistemas distribuidos de la institución auditada. Primeramente, se selecciona las herramientas de escaneo, posteriormente, se solicita una lista de los enlaces de los sistemas implementados y/o desarrollados en la organización, para luego hacer la búsqueda de las vulnerabilidades que tengan estos sistemas. Las herramientas arrojarán reportes del tipo de vulnerabilidad encontrada como informativa, media, alta o crítica. De acuerdo con la experiencia de los autores las herramientas Shodan, Nexus y Acunetix, fueron las más operativas para la detección de vulnerabilidades, ya que cada una de ellas, arrojó resultados de acuerdo con cada dominio de la norma. Con la obtención de estos datos se puede realizar una comparativa con los resultados obtenidos en los diferentes dominios de la norma ISO/IEC 27032, y con ello determinar la ubicación de los fallos en la parte técnica de los sistemas distribuidos.

- **Paso 3:** Identificación de Riesgos

Para la comprensión de los riesgos que podrían tener estas vulnerabilidades en los sistemas distribuidos, se pueden utilizar metodologías de gestión de riesgos como la ISO/IEC 27005, AMFE (Análisis Modal de Fallos y Efectos) y herramientas de como Marisma. Para este estudio se consideró la AMFE por su precisión en la identificación y priorización de los riesgos en las vulnerabilidades encontradas en los sistemas distribuidos de la empresa. La matriz de riesgos (AMFE) fue aplicado al cumplimiento de la Norma ISO 27032 cubriendo los dominios de Seguridad de la Información, Seguridad de las Aplicaciones y Seguridad de las Redes como se puede apreciar en el cuadro 3:

ID. Riesgo	Vulnerabilidades	Probabilidad	Impacto	Nivel	Matriz de Riesgos				Responsables	Mitigación ID	Acciones de mitigación	Criterio de aceptación
		Alto	Muy Grave	Critico	VS			X				
					S							
					M							
		3	3			L	M	H				

Cuadro 3 – Plantilla de Matriz AMFE para riesgos en Ciberseguridad
Elaboración: Los autores

De acuerdo a la plantilla del **cuadro 3** en esta matriz se establecen parámetros como, ID del riesgo, vulnerabilidad, probabilidad, la acción de mitigación y su criterio de aceptación, que servirán para mejorar el riesgo a ataques remotos o mal uso de la información que se maneja en los sistemas distribuidos de la organización. Cabe mencionar que se toman en cuenta parámetros, como probabilidad (Alto, Medio y Bajo) e impacto (Muy Grave, Grave y Menor), obteniendo así el nivel de riesgo (Crítico, Medio y Bajo) de las vulnerabilidades. Su aplicación permite reconocer criterios de manera más explícita en la identificación de los riesgos presentes en los análisis efectuados, además de aplicar métodos basados en la norma ISO 27032 para la gestión de riesgos de ciberseguridad de los sistemas distribuidos.

4. Conclusiones

La ciberseguridad afecta al bienestar digital de la sociedad, de las organizaciones y de los países, siendo cada vez más notoria la era digital en la que los accesos a cualquier actividad son a través de la tecnología y no existe casi nada que no se pueda hacer a través de una plataforma virtual, accediendo a datos privados a nivel personal como organizacional, y ante la creciente ola de ciberataques de hoy en día, la ciberseguridad cumple un papel cada vez más importante en la comunidad, para ello se debe tener en cuenta que una guía metodológica va a permitir a las organizaciones llevar un mejor análisis y estudio de vulnerabilidades de forma ordenada estipulando que hacer y como hacer ayudando a proteger sus activos digitales y plantear políticas para actuar y estar preparados ante los posibles ciberataques.

Con el análisis de vulnerabilidades se podrá conocer cuáles son las que más prioridad tiene al momento de efectuar la calificación, dado que los niveles de vulnerabilidad (Muy Vulnerable, Vulnerable, Poco Vulnerable) son determinados en base a los Dominio (Información, Aplicaciones y Redes) en los sistemas distribuidos, y de esta manera conocer hasta qué punto el riesgo podría ser de gravedad leve o severa de no ser solucionado.

El plan metodológico es una guía que brinda los pasos necesarios e importantes para determinar el nivel de ciberseguridad, aplicando normas internacionales que permiten mejorar la seguridad en la información, redes y aplicaciones de los sistemas distribuidos que las empresas administran. El formato de checklist y clasificación de vulnerabilidades que se establecen en este apartado sirven como apoyo para la ejecución de cualquier trabajo investigativo relacionado a la seguridad de los sistemas de información. La plantilla AMFE es uno de los recursos más importantes que identifica los riesgos y los priorizar, efectuando acciones de mitigación que permite establecer medidas de control y disminuir los riesgos ya sea a corto o mediano plazo.

Referencias

Anchundia, C. (2017). Ciberseguridad en los sistemas de información de las universidades. *Dominio de Las Ciencias*, *3*(3), 200–217. https://doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.3.mono1.ago.200-217

Altamirano, Y. J., & Bayona, O, (2017). Políticas de Seguridad de la Información: Revisión Sistemática de las Teorías que Explican su Cumplimiento. RISTI – Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (25), 112-134. doi: 10.17013/risti.25.112-134.

Bejarano, M. J. C. (2014). Alcance y ámbito de la seguridad nacional en el ciberespacio. *Cuadernos de Estrategia (Ministerio de Defensa)*, *20*, 49–82.

Fundación Telefónica. (2016). *Ciberseguridad, la protección de la información en un mundo digital* (Primera ed; Ariel S.A., Ed.). Madrid.

Dávila, E. (2017). Cómo está Ecuador en materia de Ciberseguridad. Disponible en: https://www.elcomercio.com/guaifai/ecuador-seguridad-internet-hackeo-*ciberataque.html*

ISO (Organization International for Standarization). (2018). ISO/IEC 27032:2012 Tecnología de la Información-Técnicas de seguridad-Directrices para la ciberseguridad. Disponible en: https://www.iso.org/standard/44375.html

Morales, J.; Avellán, N., Mera, J. & Zambrano, M. (2019). Ciberseguridad y su aplicación en las Instituciones de Educación Superior. pp 438–448

Navarro, A., Urcuqui, C., García, M., & Osorio, J. (2018). Ciberseguridad: un enfoque desde la ciencia de datos. In Universidad Icesi (Ed.), *Ciberseguridad: un enfoque desde la ciencia de datos* (Primera Ed). https://doi.org/10.18046/eui/ee.4.2018

Naudi, T. (2016). El Segundo informe de seguridad de la aplicación web Acunetix. Disisponible en: https://www.acunetix.com/blog/news/web-app-security-report-2016/

Netcloud Engineering. (2017). Netcloud Engineering. Retrieved from Disponible en: https://netcloudengineering.com/ciberseguridad-amenaza-vulnerabilidad/

OSRI (Oficina de Seguridad para las Redes Informáticas Página). (2018). *Metodología para la gestión de la seguridad informática* (pp. 1–68). pp. 1–68. Retrieved from http://instituciones.sld.cu/dnspminsap/files/2013/08/Metodologia-PSI-NUEVAProyecto.pdf

Philco, L. (2017). Estudio y análisis de ciberataques en América Latina, su influencia en las empresas del Ecuador y propuesta de políticas de ciberseguridad. Disponible en: http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/9203

Romero, J. (2018). *Conceptualización De Una Estrategia De Ciberseguridad Para La Seguridad Nacional De México*. *28*. Retrieved from http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=65458498003%0ACómo

Rojal. (2018). La Ciberseguridad se posiciona en 2018 como uno de los requisitos esenciales del diseño web. Disponible en: https://www.comunicae.es/nota/la-ciberseguridad-se-posiciona-en-2018-como-1193644/

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

Recebido/Submission: 24/12/2019
Aceitação/Acceptance: 21/02/2020

Análisis del despliegue y uso de la tecnología celular en Ecuador

Byron Samaniego-Moncayo, Jorge Herrera-Tapia, Jorge Pincay Ponce,
Juan Carlos Sendón-Varela, Patricia Henríquez-Coronel

{e0604036343, jorge.herrera, jorge.pincay, juan.sendon, patricia.henriquez}@uleam.edu.ec

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, CP 130802, Manta, Manabí, Ecuador.

Pages: 51–66

Resumen: La utilización de las tecnologías de información en la actualidad está ligada al uso de aplicaciones que requieren Internet para su funcionamiento, principalmente redes sociales y mensajería. Existen diferentes maneras de conectarse a Internet, que básicamente depende del lugar donde los usuarios vivan, en el sector urbano como es lógico existen más opciones, en contraste con el sector rural, donde las alternativas son limitadas en el caso de que hubiera. En este trabajo de investigación se analizó el nivel de penetración de la tecnología celular en base a la información oficial de las instituciones del estado ecuatoriano, desde el año 2010 hasta 2019. Se confirma como el despliegue de la infraestructura de telefonía celular ha favorecido de manera importante al uso Internet, llevando este servicio a lugares donde no se puede contar con opciones de cable o fibra óptica, brindando a la ciudadanía la posibilidad de interconexión.

Palabras-clave: Tecnología celular, TIC, smartphones, Internet.

Analysis of the deployment and use of cellular technology in Ecuador

Abstract: The use of information technologies is linked to the use of applications that use the Internet for its operation, mainly social networks and messaging. There are different ways to switch to the Internet, basically it depends on where the users live, in the urban sector, of course, there are more options, in contrast to the rural sector, where alternatives are limited if any. In this research work, the level of penetration of cellular technology was analyzed based on the official information of the institutions of the Ecuadorian state, from 2010 to 2019. It was confirmed how the deployment of cell phone infrastructure has favored important to the use of the Internet, the citizens have this service in places where they do not have cable or fiber-optic options, giving citizens the possibility of interconnection.

Keywords: cellular technology, TIC, smartphones, Internet.

1. Introducción

La tecnología celular inicialmente fue utilizada por un reducido número de personas, su acceso era privilegiado debido a los altos costos que suponía su despliegue y los dispositivos que utilizaban los usuarios. Pero en poco tiempo pasó a masificarse, especialmente cuando se logró enviar información en forma de mensajes instantáneos de texto y luego de audio. Esto marcó el inicio de una nueva era de interacción de las personas, ya que pueden comunicarse sin importar el lugar donde se encuentren, y compartir información de diferente tipo en tiempo real.

La evolución de la tecnología celular está determinada por generaciones, que nominalmente se las conoce como 1G, 2G, 3G, 4G y 5G, los autores de (Lopa & Vora, 2015; Yadav & Singh, 2018) describen de manera detallada la tecnología empleada de cada una de estas. Los más recientes modelos de comunicación son LTE (Long Term Evolution) y el prominente 5G, los autores de (Ahmadi, 2014; Broadband, 2014; GSMA, Intelligence, GSMA, & Intelligence, 2014; Riaz, Khan, & Bilal, 2016), explican a profundidad el funcionamiento, características de transmisión, operación y aplicaciones de estas tecnologías, especialmente se concentran en LTE y 5G como potenciales modelos de comunicación para el Internet de las Cosas.

Ecuador se ha convertido en un buen punto de mercado y expansión para las operadoras de tecnología celular, llegando en un determinado momento a que el número de líneas celulares sea mayor que la población, con una densidad aproximada a 110%, de acuerdo a la información proporcionada por las agencias del estado como son la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL, 2019), el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2019), entre otras instituciones.

Con los procesos de transparencia emprendido por el estado ecuatoriano, las agencias de control ofrecen mucha información, que está disponible a la ciudadanía. En este trabajo de investigación se analizó el nivel de despliegue de la tecnología celular, contrastando con determinados eventos que influyeron de manera aparentemente negativa debido al registro y validación de los suscriptores. Al final de cada evaluación se ofrece información acerca de la infraestructura existente en las provincias que fueron afectadas por un conocido desastre natural.

Seguido de esta breve introducción, en la Sección 2, se presenta la metodología utilizada para analizar los datos, en la Sección 3 se presentan y se evalúan los resultados, y finalmente en la Sección 4 se formulan las conclusiones.

2. Metodología

La metodología utilizada en este trabajo de investigación fue de revisión documental, investigación exploratoria y comparativa para analizar determinados hechos y cifras que se presentaron durante este proceso.

En la Figura 1, se ha resumido la metodología que se aplicó y las principales fuentes de información.

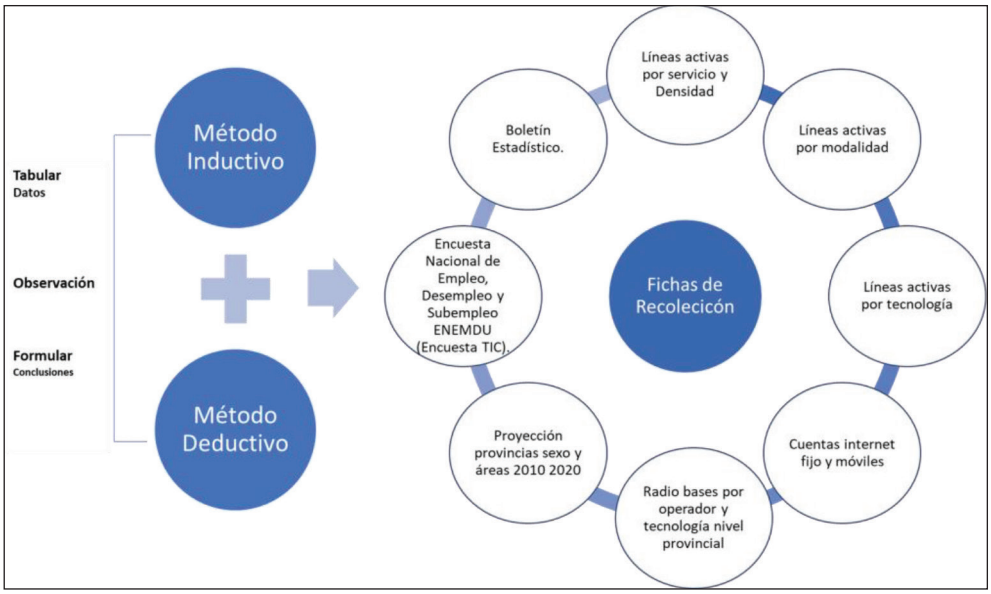


Figura 1 – Metodología empleada en la investigación.

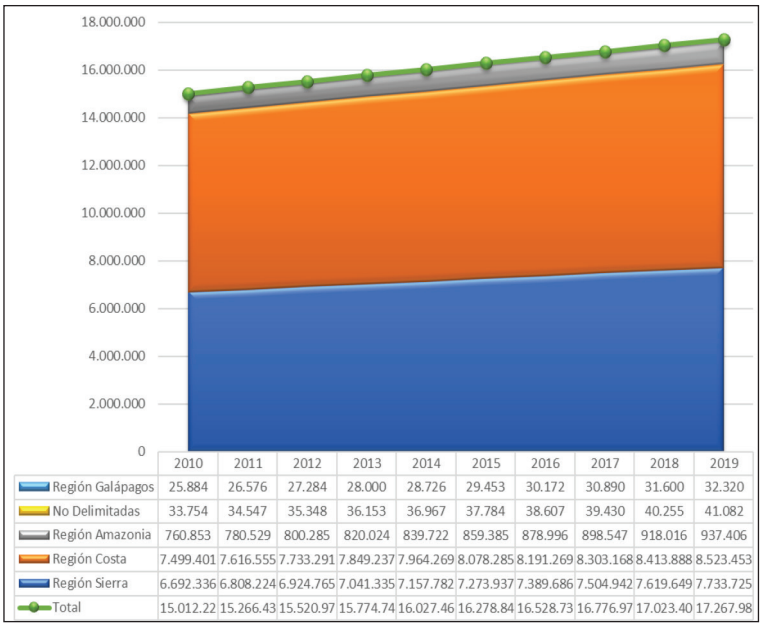
Como se puede apreciar en la Figura 1, se utilizaron el método inductivo y deductivo, dependiendo de tipo de información a ser analizada, esta combinación de técnicas ayudó a contrastar la información, la misma que fue tabulada, obteniéndose resultados fiables y formulándose conclusiones reales. En algunos casos, para completar los datos, se procedió a obtener información utilizando estimación lineal, con el método de los "mínimos cuadrados".

La mayor parte de la representación de los resultados se la hizo de manera mixta, combinando gráficos y tablas para una mayor precisión y contextualización de los datos.

3. Resultados y evaluación

En esta sección, se presentan los resultados de la investigación, con el objetivo de tener una mejor perspectiva, se empieza presentando información demográfica del Ecuador de acuerdo con sus regiones geográficas.

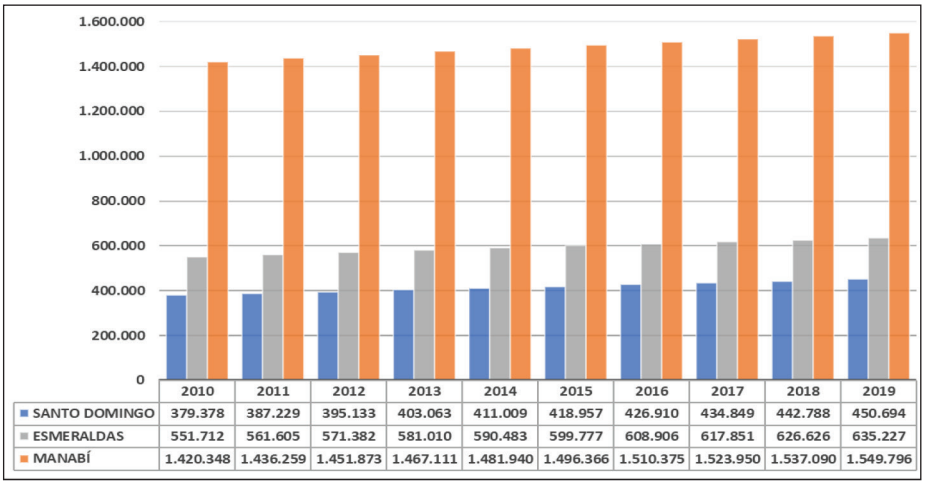
La población en el Ecuador se encuentra en constante crecimiento, actualmente cuenta con aproximadamente 17 millones de habitantes, como podemos observar en la Figura 2. Del año 2010 al 2019 el Ecuador aumentó un 13,8% (2.255.758), la mayor parte de la población se concentra en la región Costa con un 49,36% (8.523.453), seguida de la región Sierra con un 44,79% (7.733.725), en tercer lugar, la Amazonia con un 5,43% (937.406), en cuarto lugar tenemos las regiones No Delimitadas con 0,24% (41.082) y en último lugar la región Galápagos 0,19% (32.320).



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Región Galápagos	25.884	26.576	27.284	28.000	28.726	29.453	30.172	30.890	31.600	32.320
No Delimitadas	33.754	34.547	35.348	36.153	36.967	37.784	38.607	39.430	40.255	41.082
Región Amazonia	760.853	780.529	800.285	820.024	839.722	859.385	878.996	898.547	918.016	937.406
Región Costa	7.499.401	7.616.555	7.733.291	7.849.237	7.964.269	8.078.285	8.191.269	8.303.168	8.413.888	8.523.453
Región Sierra	6.692.336	6.808.224	6.924.765	7.041.335	7.157.782	7.273.937	7.389.686	7.504.942	7.619.649	7.733.725
Total	15.012.22	15.266.43	15.520.97	15.774.74	16.027.46	16.278.84	16.528.73	16.776.97	17.023.40	17.267.98

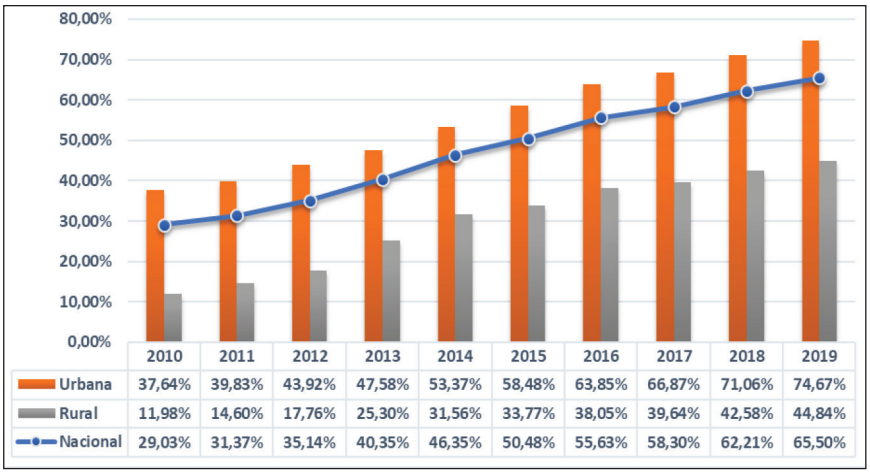
Figura 2 – Población del Ecuador dividida por Regiones. Fuente: INEC 2019.

En la investigación hacemos énfasis en la Zona de Planificación 4 – Pacífico que incluye las Provincias de Manabí y Santo Domingo de Los Tsáchilas, adicionalmente también se incluye Esmeraldas, zona también afectada por el terremoto de abril del 2016. Como podemos observar en la Figura 3, Sto. Domingo ha aumentado del 2010 al 2019 un 16,39% de su población, Manabí en un 7,91% y Esmeraldas un 13,11%. Manabí es la región más extensa con 129.448 km².



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
SANTO DOMINGO	379.378	387.229	395.133	403.063	411.009	418.957	426.910	434.849	442.788	450.694
ESMERALDAS	551.712	561.605	571.382	581.010	590.483	599.777	608.906	617.851	626.626	635.227
MANABÍ	1.420.348	1.436.259	1.451.873	1.467.111	1.481.940	1.496.366	1.510.375	1.523.950	1.537.090	1.549.796

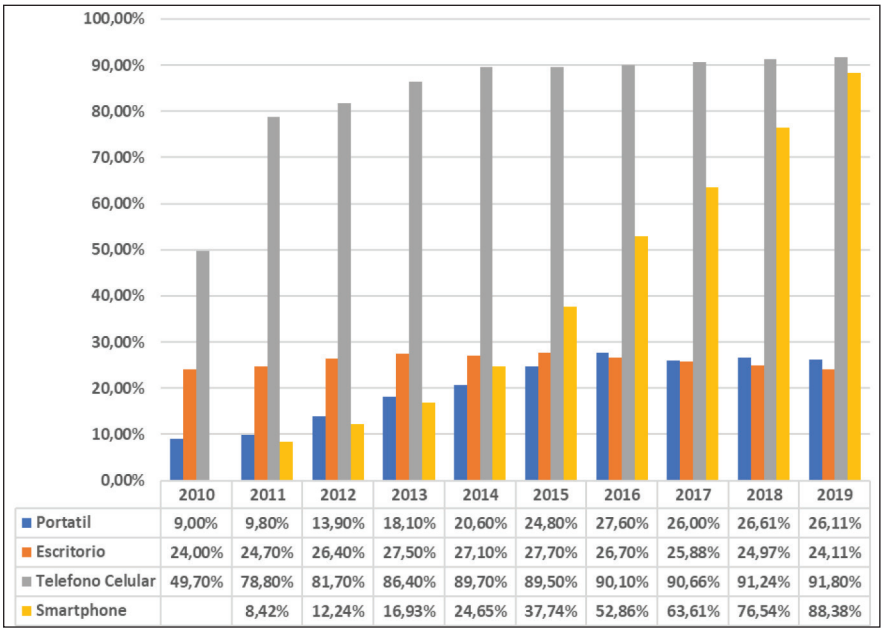
Figura 3 – Población Zona 4 y Esmeraldas, 2019. Fuente: INEC 2019.



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Urbana	37,64%	39,83%	43,92%	47,58%	53,37%	58,48%	63,85%	66,87%	71,06%	74,67%
Rural	11,98%	14,60%	17,76%	25,30%	31,56%	33,77%	38,05%	39,64%	42,58%	44,84%
Nacional	29,03%	31,37%	35,14%	40,35%	46,35%	50,48%	55,63%	58,30%	62,21%	65,50%

Figura 4 – Personas que utilizan Internet de acuerdo su ubicación. Fuente INEC (2019).

3.1. Uso de Internet y dispositivos móviles



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Portatil	9,00%	9,80%	13,90%	18,10%	20,60%	24,80%	27,60%	26,00%	26,61%	26,11%
Escritorio	24,00%	24,70%	26,40%	27,50%	27,10%	27,70%	26,70%	25,88%	24,97%	24,11%
Telefono Celular	49,70%	78,80%	81,70%	86,40%	89,70%	89,50%	90,10%	90,66%	91,24%	91,80%
Smartphone		8,42%	12,24%	16,93%	24,65%	37,74%	52,86%	63,61%	76,54%	88,38%

Figura 5 – Dispositivos utilizados para acceder a Internet. Fuente: INEC (2019).

Para determinar el uso de internet en el Ecuador utilizamos la “Encuesta de Empleo, Desempleo y Subempleo – ENEMDU”, encuesta realizada a los jefes de 31.092 hogares en diciembre de 2017. Considerándose como usuarios de Internet a personas que utilizan Internet, se refiere a la población de 5 años y más que ha usado Internet en los últimos 12

meses, desde cualquier lugar. Como se puede ver en la Figura 4, en la zona rural menos del 50% tiene acceso a Internet. Para los años 2018 y 2019, basado en la información, se procede a realizar una estimación utilizando el método de los "mínimos cuadrados".

Según las encuestas ENEMDU realizadas por el INEC, al menos el 74% de la población utiliza internet al menos una vez al día. Frente al 2,88% que solo ha utilizado una vez al mes o año. El internet está presente para muchas personas durante todo el día, ya sea por motivos educativos, laborales, informativos o de comunicación con otras personas.

Para poder conectarse a internet, las personas disponen de varios dispositivos con los que interactúan para poder compartir o solicitar información. El dispositivo más común que se puede encontrar en un hogar es el teléfono celular, en un 91%, y derivado de estos los smartphones, que tienen una infinidad de aplicaciones que interactúan con internet. Los equipos de escritorio siguen manteniéndose en uso, pero este empieza a decaer a partir del 2016 por las computadoras portátiles y los smartphones. Al ser más económicos los teléfonos inteligentes y cumplir casi todas las aspiraciones de una computadora, han ganado gran terreno en cuanto a uso de la población. Para mayor detalle ver Figura 5.

3.2. Líneas telefónicas activas

A continuación, se procede a analizar la densidad de líneas que existen en base a la población del Ecuador, la cantidad de líneas móviles que dispone cada operadora, por modalidad. Las estadísticas utilizadas son del año 2010 a marzo del 2019, datos obtenidos de ARCOTEL y del INEC.

En 2010 la cantidad de líneas superaba la población, existían una cantidad de líneas activadas, pero sin uso en las distintas operadoras de telefonía. Esta cantidad se fue incrementando hasta el año 2014 en el que se realizó una depuración de base de datos en las operadoras mediante la Resolución 304.

> *"La resolución 304, aprobada por el ex Consejo Nacional de Telecomunicaciones (Conatel) en el 2008, determina que una línea de celular prepago se considera activa cuando registra por lo menos una vez, en tres meses, una recarga de saldos o envío de mensajes de texto o recepción de llamadas; y para las líneas en pospago, en cambio, si registra actividad, al menos una vez por mes, o mantenga vigente su contrato." (El Comercio, 2016).*

Reduciéndose un total de 3.745.537 líneas, mayoritariamente prepago, pero también pertenecientes a planes pospago. Gran parte de estas líneas pertenecían a la operadora CONECEL. Cerrando el año 2015 con un total de 13.859.2020 líneas activas. Esto redujo una densidad elevada que sostenían en los últimos años las operadoras, pasando de 109,84% a 85,14%. En 2017 también se realizaría otra depuración de líneas lo que haría reducir un total de 196.730 líneas, pero al siguiente año, 2018, existió un incremento de 1.121.434 líneas móviles aumentando considerablemente la densidad hasta llegar a un 92,65%, ver en la Figura 6.

De acuerdo con los datos obtenidos, las líneas activas por servicio y densidad a marzo 2019, entre las operadoras OTECEL dueña de Movistar y Tuenti, CONECEL dueña de Claro; y la Corporación Nacional de Telecomunicaciones CNT; el mayor número de

líneas móviles activas son de CONECEL, y esto ha sido una constante desde el año 2008 hasta marzo del 2019.

La operadora CNT aumentó considerablemente el número de líneas y a su vez el porcentaje de mercado desde el año 2014; año que fue favorecido por ser el primero en operar con redes 4G. Además de ofrecer mejores ofertas a sus usuarios en la relación a otras operadoras y mejorar considerablemente sus infraestructuras para ofrecer una mejor cobertura. Sus bajos porcentajes se debían gran parte a la falta de cobertura que disponía este operador. OTECEL siempre se ha mantenido en un mercado de alrededor al 30%, obteniendo picos entre los años 2015 y 2017, debido a la implementación de Tuenti, con una fuerte campaña publicitaria ofreciendo paquetes promocionales muy accesibles y *completos en modalidad prepago*.

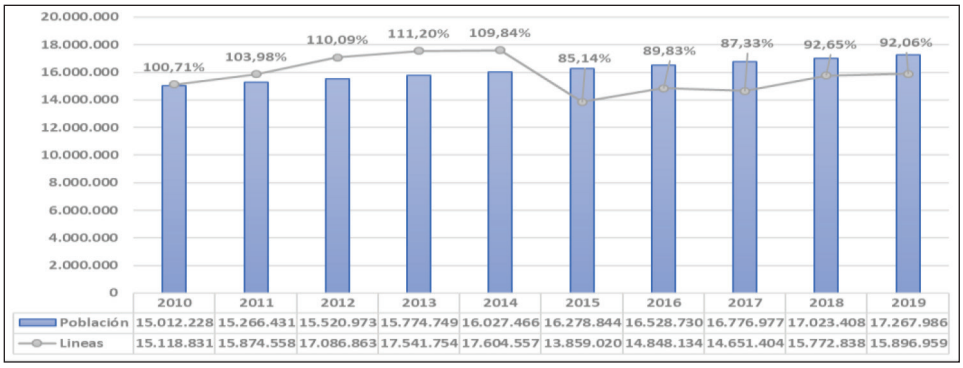


Figura 6 – Densidad de líneas telefónicas celulares. Fuente: ARCOTEL (2019), INEC (2019)

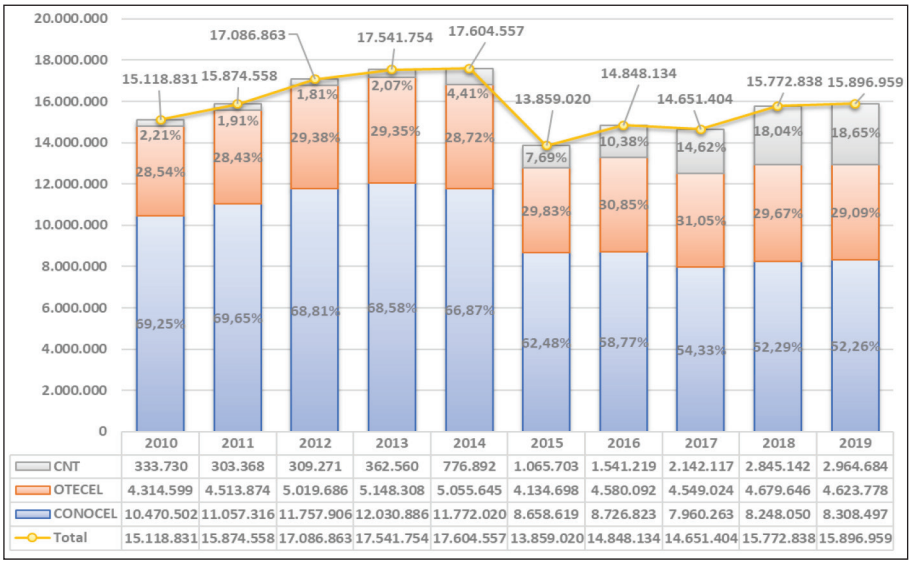


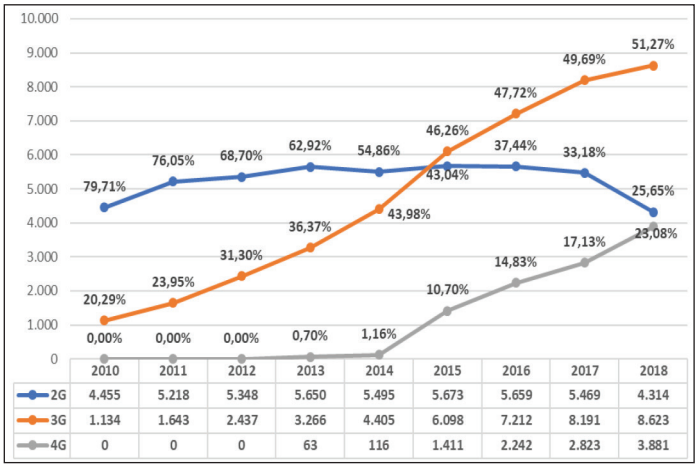
Figura 7 – Participación en el mercado y cantidad de líneas.
Fuente: ARCOTEL (2019), INEC (2019).

Como se indica en la Figura 7, en marzo de 2019 del total de líneas activas a nivel nacional, se observa que CONECEL domina el mercado con el 52,26%, mientras que OTECEL y CNT, tienen que conformarse con porcentajes inferiores al 30% del total. CNT ha sido la operadora que más ha crecido en el mercado durante los últimos años ocupando un 18,65% del mercado. Mientras que OTECEL se mantenía un rondando al 30%, llegando a ocupar un 29,09% en 2019. CONECEL pese a dominar el mercado ha ido reduciendo sus porcentajes.

3.3. Análisis de la infraestructura de telecomunicaciones

Una vez que se presentaron las estadísticas demográficas, uso de Internet, y densidad de líneas celulares, se muestran los resultados acerca de la infraestructura de las operadoras de telefonía móvil.

En el Ecuador existen 560 prestadores de internet fijo y 3 operadoras móviles que son: CONECEL (Claro), CNT y OTECEL (Movistar y Tuenti). Desde el año 2010 la tecnología 3G despegó en todo el Ecuador, en el año 2018 llegó a completar más del 50% del total de antenas. La tecnología 2G por el contrario ha ido reduciendo su porcentaje de penetración, pese a haber aumentado el número total de antenas, las empresas de telefonía invirtieron más en la tecnología 3G y posteriormente 4G, ver Figura 8. En 2018 la red 4G alcanzó porcentajes similares a la red 2G, la cual se sustituye gradualmente por redes 3G o 4G.



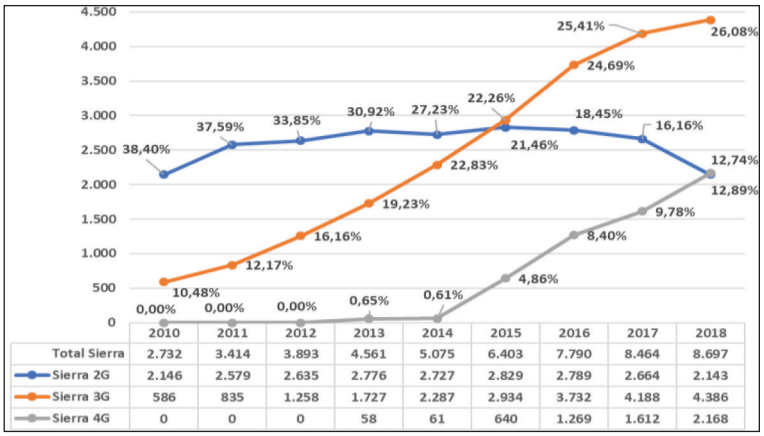
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
2G	4.455	5.218	5.348	5.650	5.495	5.673	5.659	5.469	4.314
3G	1.134	1.643	2.437	3.266	4.405	6.098	7.212	8.191	8.623
4G	0	0	0	63	116	1.411	2.242	2.823	3.881

Figura 8 – Radio-bases por tecnología a nivel nacional. Fuente: ARCOTEL (2018)

La mayoría de las radio-bases se suelen encontrar en las ciudades, en estas existe un mayor número de clientes potenciales, por lo cual las operadoras incluyen más radio-bases para poder abastecer la necesidad de las redes móviles a los habitantes. Otro factor que influye es la infraestructura civil, que se encuentran en las ciudades, principalmente

edificios, que interfieren en el alcance que tienen las radio-bases por lo que, en una zona pequeña, tienen que instalar un número mayor de radio-bases. A diferencia de las áreas rurales donde con menor cantidad pueden tener un alcance mayor, al no existir infraestructuras altas, sino más bien pequeñas casas o árboles, que producen una mínima interferencia.

A continuación, se analizan el despliegue por regiones. La región Sierra al 2018 dispone del mayor número de radio-bases sobre el total que existen a nivel nacional, un 51,71% (8.697) y la red 3G obtiene el mayor porcentaje (26,08%) sobre las demás tecnologías y regiones, ver Figura 9. Esto se debe a la gran demanda de redes móviles que requiere la población, también podemos encontrar que en las ciudades más grandes y pobladas como Quito o Cuenca, son instaladas gran parte de estas. Se puede observar que la tecnología 4G a 2018 ha superado por un total de 25 radio-bases a la tecnología 2G, mientras que el 3G se mantiene desde el 2015 con el mayor número de radio-bases.

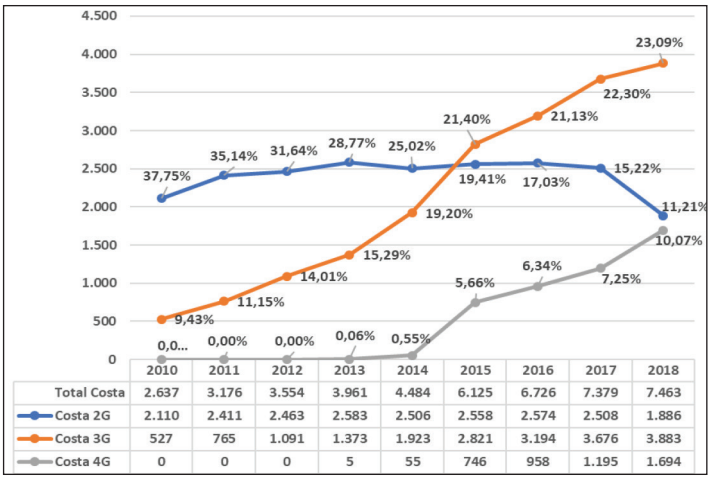


	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Total Sierra	2.732	3.414	3.893	4.561	5.075	6.403	7.790	8.464	8.697
Sierra 2G	2.146	2.579	2.635	2.776	2.727	2.829	2.789	2.664	2.143
Sierra 3G	586	835	1.258	1.727	2.287	2.934	3.732	4.188	4.386
Sierra 4G	0	0	0	58	61	640	1.269	1.612	2.168

Figura 9 – Radio-bases por tecnología en la Sierra. Fuente ARCOTEL (2018).

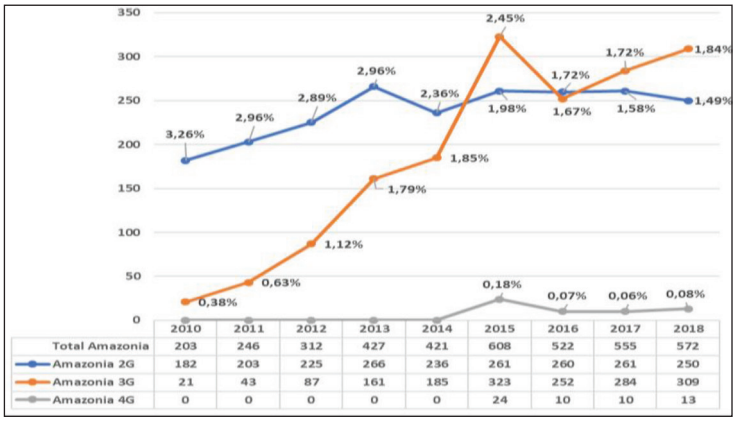
La región Costa es la segunda región con más radio-bases a nivel nacional con un total de 7.463, correspondiente al 44,37% del total nacional. El crecimiento en esta región ha sido muy similar a la región Sierra, pero en este caso la tecnología 4G aún no ha superado la 2G. Esta región tiene más áreas rurales y pequeños pueblos que la región Sierra, encontrándose radio-bases en menor cantidad, al no tener tanta cantidad de construcciones que obstruya la señal móvil, ver Figura 10.

Con menor porcentaje sobre el total nacional, se encuentra la región Amazónica, ver Figura 11; pese a ser la región con más extensión territorial, es una de las que tienen menor penetración de las tecnologías móviles. Debido a sus extensas selvas la cantidad de habitantes es poca, cerca de 937 mil habitantes, por ende, la necesidad de acceder a redes móviles es menor, influenciado también por culturas indígenas que se rehúsan a utilizar las nuevas tecnologías, como por ejemplo las tribus de los Huaorani, los Shuar, entre otras.



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Total Costa	2.637	3.176	3.554	3.961	4.484	6.125	6.726	7.379	7.463
Costa 2G	2.110	2.411	2.463	2.583	2.506	2.558	2.574	2.508	1.886
Costa 3G	527	765	1.091	1.373	1.923	2.821	3.194	3.676	3.883
Costa 4G	0	0	0	5	55	746	958	1.195	1.694

Figura 10 – Radio-bases por tecnología en la Costa. Fuente: ARCOTEL (2018).



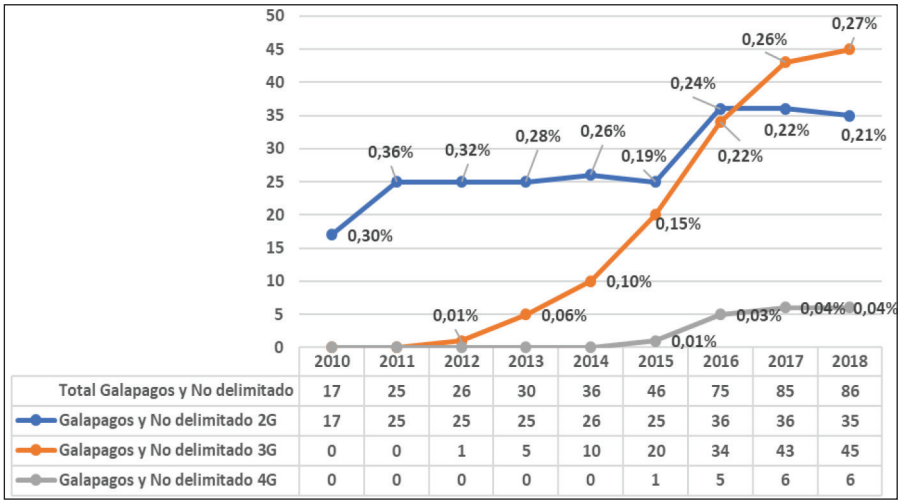
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Total Amazonia	203	246	312	427	421	608	522	555	572
Amazonia 2G	182	203	225	266	236	261	260	261	250
Amazonia 3G	21	43	87	161	185	323	252	284	309
Amazonia 4G	0	0	0	0	0	24	10	10	13

Figura 11 – Radio-bases en la Amazonía. Fuente: ARCOTEL (2018).

Agrupamos Galápagos y las Zonas no delimitadas en una sola categoría, por el hecho de ser las zonas más pequeñas y con menor penetración de las redes móviles, estando por debajo del 1% del total nacional, Figura 12. En las Zonas No Delimitadas, no existen registros hasta el año 2016, donde se puede apreciar un aumento considerable de la cantidad de radio-bases, sobre todo en redes 3G.

La Figura 13, es una referencia de la cobertura de las tres operadoras, se puede apreciar que la infraestructura de Claro da mayor cobertura, seguida de Movistar y luego CNT. De igual manera, se nota las prestaciones en cuanto a tecnología, siendo CLARO la que lidera al ofrecer tecnología 3G y 4G. Un factor importante que se puede ver es que las radio-bases están situadas cerca de las carreteras o vías de circulación terrestre,

facilitando la interconexión a los usuarios que normalmente viajan, o asentamientos ubicados cerca de las vías.



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Total Galapagos y No delimitado	17	25	26	30	36	46	75	85	86
Galapagos y No delimitado 2G	17	25	25	25	26	25	36	36	35
Galapagos y No delimitado 3G	0	0	1	5	10	20	34	43	45
Galapagos y No delimitado 4G	0	0	0	0	0	1	5	6	6

Figura 12 – Radio-bases en Galápagos y zonas no Delimitadas. Fuente: ARCOTEL (2018).

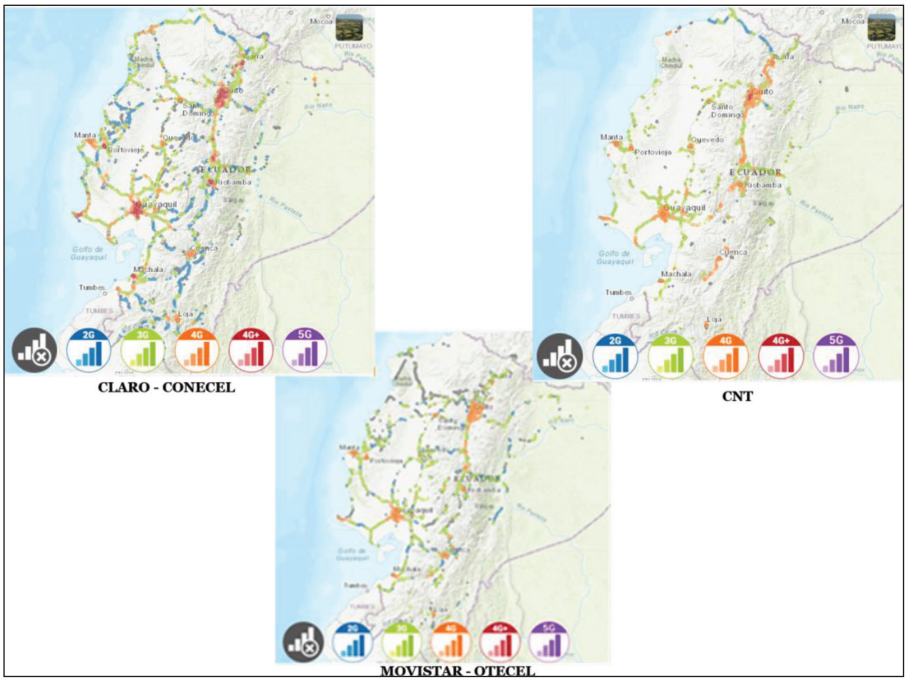


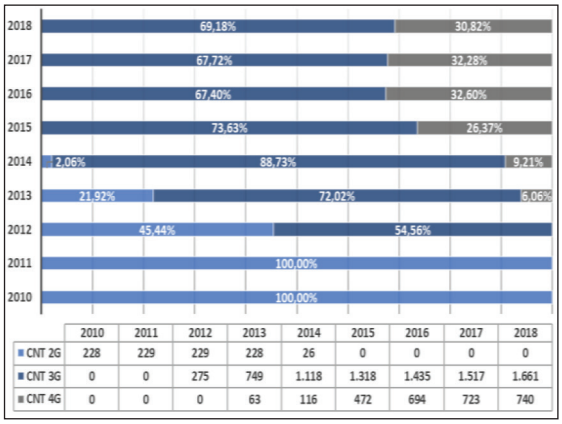
Figura 13 – Cobertura por operadora y tecnología. Fuente: nPER[1] (2019).

[1] https://www.nperf.com (Agosto 2019)

3.4. Infraestructura tecnológica por operadora

A continuación, se muestran resultados de la penetración de tecnología de cada operadora, donde se puede ver la migración de tecnología.

CNT, en sus redes 2G utilizaba la tecnología CDMA, la cual fue una desventaja, porque los dispositivos celulares que utilizaban esta tecnología no podían ser utilizados en otra operadora. Pese a tener mejor rendimiento, mayor número de usuarios conectados a la misma radio base y mayor seguridad codificando las llamadas entre los usuarios, el hecho de no disponer de tarjeta SIM limitaba mucho su uso, al no poder utilizar una línea CNT en otro dispositivo de forma sencilla, no tenía muy buena aceptación para los usuarios. La única operadora que también aceptaba redes CDMA era OTECEL hasta el año 2011, pero los dispositivos CDMA son creados específicamente para utilizarse con el operador que los proporciona y no es posible cambiarlos de compañía y esto ocasiona que, si por algún motivo el dispositivo móvil dejaba de funcionar, el usuario no podía utilizar la línea móvil por algunos días.



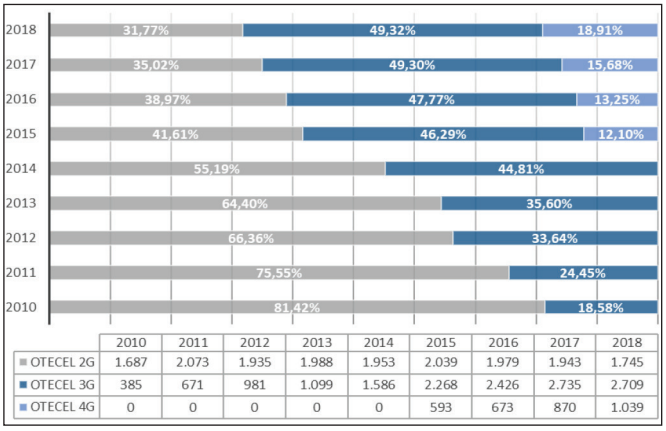
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
CNT 2G	228	229	229	228	26	0	0	0	0
CNT 3G	0	0	275	749	1.118	1.318	1.435	1.517	1.661
CNT 4G	0	0	0	63	116	472	694	723	740

Figura 14 – Penetración por tecnología, operadora CNT. Fuente: ARCOTEL (2018)

A partir del año 2013 CNT implementó la tecnología 3G (UTMS) y fue reduciendo la red CDMA paulatinamente, desactivarla en 2015 (Cierre de banda 2G). Desde ese momento los dispositivos creados para redes CDMA quedaban inoperativos para el uso de redes móviles. La red 4G se desplegó desde el año 2013 con una pequeña penetración, que se va expandiendo por las distintas ciudades del Ecuador. En 2015 triplicó el total de radio-bases desde su primera implementación. CNT ha aumentado diez veces las radio-bases instaladas, con un total de 2.173 radio-bases nuevas desde el 2010 al 2018, un crecimiento de 953,07%. De las cuales 1.661 (69,18%) son tecnología 3G y 740 (30,82%) tecnología 4G, para mayor detalle ver la Figura 14. CNT es la única operadora que dejó de ofrecer redes 2G.

OTECEL, que ofrece actualmente los servicios a las redes de Movistar y Tuenti (operando en Ecuador desde el año 2015), mantuvo las redes CDMA casi sin aumentar el número de radio-bases, apenas 6 del año 2003 a 2011, año en el que empezaron a dar de baja la

red CDMA, para en el 2012 dejar de proporcionar el servicio. Desde el 2005 OTECEL implementó las redes GSM 850 y en el 2007 GSM 1900, ver Figura 15. Las redes 2G crecieron paulatinamente hasta el año 2015, cuando empezaron a reducir su tamaño. Las redes 3G se implementaron en el año 2009 con UTMS 850, alcanzando 1628 hasta el año 2018, 138 radio-bases por año de promedio. En el 2014 se añadió la frecuencia UMTS 1900 y ascendió a un total de 1.081, llegando a alcanzar 2.709 radio-bases con red 3G en el 2018.



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
OTECEL 2G	1.687	2.073	1.935	1.988	1.953	2.039	1.979	1.943	1.745
OTECEL 3G	385	671	981	1.099	1.586	2.268	2.426	2.735	2.709
OTECEL 4G	0	0	0	0	0	593	673	870	1.039

Figura 15 – Penetración por tecnología, operadora OTECEL. Fuente: ARCOTEL (2018)

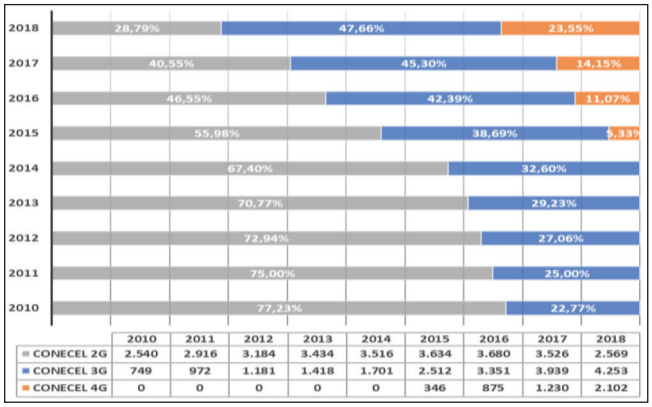
La red 4G empezó a funcionar en 2015, cuando el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) concretaron la concesión de espectro para la red 4G y ampliación para 3G a OTECEL, este aumentó su Ancho de Banda de 35 a 85 MHz. La nueva red va ganando terreno sobre el total de radio-bases, mientras que la red 3G va incrementando también, pero en menor cantidad ocupando casi un 50% de la red.

Aunque hoy en día cualquier nuevo dispositivo móvil se puede conectar a una red 3G o incluso 4G; en el Ecuador muchas personas siguen utilizando teléfonos celulares muy antiguos. Por motivos como este aún se siguen manteniendo las redes 2G, para brindar servicio de telefonía móvil a un determinado (reducido) número de usuarios. OTECEL ha multiplicado por 2,65 la cantidad total de radio-bases instaladas en Ecuador, con 3.421 radio-bases nuevas desde el 2010 al 2018, un crecimiento total de 165,11%. De las cuales 1.745 (31,77%) son tecnología 2G, 2.709 (49,32%) son tecnología 3G y 1.039 (18,91%) tecnología 4G. Aunque el crecimiento ha sido menor en porcentaje con relación a CNT, la cantidad total de radio-bases que ha incrementado OTECEL es mayor, permitiendo ofrecer una mejor señal a los habitantes del Ecuador, cubriendo más zonas y ofreciendo un mayor número de usuarios en zonas poblacionales muy densas.

CONECEL, a diferencia de CNT y OTECEL, no instaló infraestructuras con redes CDMA, desde el año 2003 apostó por las redes GSM 850, y al 2007 implementó GSM 1900. Las cuales han aumentado en un promedio de 112 por año, desde el 2010 al 2017; pero, en el 2018 se retiraron 980 radio-bases de la red GSM 1900 para dar paso a nuevas

tecnologías. CONECEL fue la primera operadora en ofrecer redes 3G en el año 2008, en dicho año ya doblaba la cantidad total de radio-bases que tenía OTECEL, 2.285 sobre 1.272, y muy por debajo teníamos CNT con 228.

Las redes 2G han sido predominantes duplicando o incluso triplicando hasta el año 2012 la cantidad de radio-bases, en comparación con las redes 3G. A partir del año 2014 las redes 2G pese a aumentar su número, va perdiendo terreno contra la red 3G. En el 2017 las redes 2G empezaron a decaer para implementar redes 3G y sobre todo 4G; ver Figura 16.



	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
CONECEL 2G	2.540	2.916	3.184	3.434	3.516	3.634	3.680	3.526	2.569
CONECEL 3G	749	972	1.181	1.418	1.701	2.512	3.351	3.939	4.253
CONECEL 4G	0	0	0	0	0	346	875	1.230	2.102

Figura 16 – Penetración por tecnología, operadora OTECEL. Fuente: ARCOTEL (2018)

Las redes 4G se implementaron al igual que OTECEL, en el año 2015, para poder ofrecer este servicio CONECEL aumentó su Ancho de Banda de 35 a 95Mhz, permitiéndole tener un máximo de usuarios simultáneos mayor que OTECEL, pero menor que CNT. Entre el año 2017 y 2018 CONECEL, redujo una cantidad considerable de radio-bases GSM 1900 (2G), de 1.243 a 263. Estas se actualizaron para dar paso a LTE 1900 aumentando de 145 a 846, y en segunda instancia también se amplió la red 3G con UMTS 850 y 1900 con un total de 591 radio-bases.

3.5. Infraestructura en las provincias de la Zona 4 y Esmeraldas.

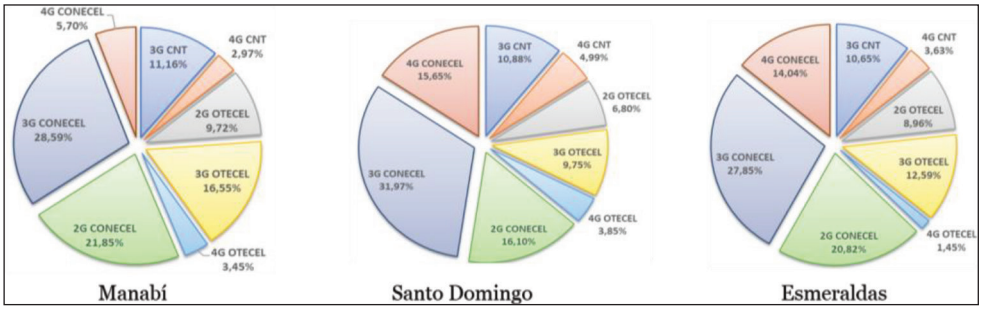


Figura 17 – Ocupación de la red por tecnología y operador Provincia de Zona 4, y Esmeraldas. Fuente: ARCOTEL (2018)

Manabí. CONECEL ocupa el 56,14% de las redes móviles en la provincia de Manabí a 2018, con mayor penetración tenemos la red 3G (28,59%), seguido de la red 2G (21,85%). OTECEL ocupa un 29,72% de la cobertura en Manabí y CNT un 14,13%. La red con más ocupación de OTECEL es la red 3G con 16,55%. En cuarto lugar se observa la red 3G de CNT con 11,16%. La Figura 17 presenta información acerca de menores porcentajes.

Santo Domingo. La red 3G de CONECEL ocupa casi un tercio de la cobertura móvil, con un 31,97%. En segundo lugar, se observa la cobertura 2G seguida de la 4G de CONECEL, con un 16,10% y 15,65% respectivamente. CONECEL ocupa en total un 63,72% de la red. En quinto y sexto lugar se observa las redes 3G de CNT con un 10,88% y OTECEL 9,75%.

Esmeraldas. Se puede observar la mayor penetración de la red CONECEL, comparado con las provincias anteriormente analizadas, con un 62,71%. Los porcentajes son muy similares siendo predominantes 3G con 27,85%, 2G con 20,82% y 4G con 14,04%. La cuarta red en orden decreciente de dominio es 3G de OTECEL (12,59%), seguido de 3G de CNT (10,65%). Con porcentajes de ocupación menores al 10% encontramos 2G OTECEL (8,96%), 4G CNT (3,63%) y 4G OTECEL (1,45%).

Como se puede notar, en las provincias de la Zona 4 y Esmeraldas, existe una infraestructura variada, lo que demuestra que hay tendencia a la migración de tecnología. Lamentablemente aun no se ha llegado a una verdadera penetración en el sector rural.

4. Conclusiones

Considerando el uso de la tecnología celular y el despliegue tecnológico por parte de las tres operadoras de telefonía móvil en Ecuador durante los últimos 9 años, se puede concluir que el nivel de penetración ha crecido de manera sostenida en áreas urbanas, y en un bajo porcentaje en el sector rural. Se evidencia en las tres operadoras, que las nuevas tecnologías de telecomunicaciones están desplazando a las anteriores, como es el caso de 2G, que tiene una tendencia a desaparecer, mientras que 3G y 4G están tomando su lugar, aparte de que las operadoras tienen planes de incursionar en el nuevo modelo de comunicación 5G. Acerca de la densidad de radio-bases, uno de los factores determinantes es la geografía de las regiones, y las obras civiles en las ciudades. La existencia de montañas, montes y edificaciones ha obligado a las operadoras a instalar más infraestructura de telecomunicaciones para poder llegar a lugares que técnicamente no presentan las condiciones para la transmisión de datos. La aplicación de reglamentos ayuda a tener información más confiable acerca de la contratación y uso de las líneas celulares en nuestro medio, como fue el caso de la aplicación de la ley 304, que normó el registro y categorizó a los suscriptores. De manera general, el despliegue de la tecnología celular y el uso de los teléfonos inteligentes han reducido la brecha digital.

Como futuro trabajo se prevé el diseño de estrategias tecnológicas para aumentar el uso de aplicaciones de comunicación que no dependan de Internet.

Referencias

Ahmadi, S. (2014). LTE-Advanced. In *LTE-Advanced*. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-405162-1.00008-3

ARCOTEL. (2019). Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones. Retrieved September 20, 2007, from Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones website: http://www.arcotel.gob.ec/

Broadband, M. (2014). *LTE Technology and Health*.

GSMA, Intelligence, G., GSMA, & Intelligence, G. (2014). Understanding 5G: Perspectives on future technological advancements in mobile. *GSMA Intelligence Understanding 5G*, (December), 3–15. Retrieved from https://gsmaintelligence.com/research/?file=141208-5g.pdf&download

INEC. (2019). Instituto Nacional de Estadistica y Censos. Retrieved September 20, 2007, from Instituto Nacional de Estadistica y Censos website: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/

Lopa, M., & Vora, J. (2015). *Evolution of mobile generation technology: 1G to 5G*. 281–291. Retrieved from https://pdfs.semanticscholar.org/4dfd/40cc3a386573ee861c5329ab4c6711210819.pdf

Riaz, M., Khan, A. Q., & Bilal, A. (2016). *Comparative Analysis of Mobile Generations Regarding Technical Aspects*. 1–7.

Yadav, S., & Singh, S. (2018). Review Paper on Development of Mobile Wireless Technologies (1G to 5G). *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, *7*(5), 94–100.

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

Recebido/Submission: 09/11/2019
Aceitação/Acceptance: 10/01/2020

Vulnerabilidades de sitios web gubernamentales en Ecuador: Un estudio exploratorio pre-muestral

Juan Gutierres Sánchez[1], Marlon Navia Mendoza[1], Gustavo Molina Garzón[1]

juan.gutierres@espam.edu.ec , mnaviam@espam.edu.ec, gmolina@espam.edu.ec

[1] Grupo de Investigación SISCOM, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, 130250, Calceta, Ecuador.

Pages: 67–78

Resumen: La seguridad de un sitio web es muy importante para su propietario, sobre todo a nivel gubernamental. El propósito de este trabajo radicó en realizar un estudio exploratorio de las vulnerabilidades más comunes presentes en portales web gubernamentales. Para esto se utilizó el software Acunetix, que es una herramienta automatizada de detección de vulnerabilidades de aplicaciones y sitios Web. De los sitios gubernamentales existentes en el país, se consideró diez elegidos al azar para realizar esta evaluación, los cuales en su mayoría manejan información sensible como datos personales de los ciudadanos. A los resultados obtenidos se les aplicó un análisis estadístico Al escanear los sitios con la herramienta Acunetix se denota que el 5% (153) de las vulnerabilidades obtenidas pertenecen al nivel *High*, considerado de alto riesgo. El sitio más vulnerable mostró 2905 vulnerabilidades. Se encontró una correlación positiva entre el número de elementos escaneados y la cantidad de vulnerabilidades encontradas.

Palabras-clave: Vulnerabilidad web; amenazas; seguridad web, portales gubernamentales.

Vulnerabilities of government websites in Ecuador: A pre-sampling exploratory study

Abstract: Security in a web site is very important for its proprietary, specially at government case. The purpose of this work was to conduct an exploratory study of the most common vulnerabilities present in government web portals. Acunetix software was used for this, which is an automated application and website vulnerabilities detection tool. Of the existing government sites in the country, ten were chosen at random to perform this evaluation. Most of these sites handle sensitive information such as personal data of citizens. Statistical analysis was applied to the obtained results. When scanning the sites with the Acunetix tool it is denoted that 5% (153) of the vulnerabilities obtained belong to the High level, considered high risk. It was detected that the most vulnerable site shown 2905 vulnerabilities. A positive correlation was found between the number of scanned web elements and the amount of found vulnerabilities.

Keywords: Web vulnerability; threats; web security, government web portals.

1. Introducción

Actualmente la seguridad en sitios web es cada vez más reconocida e importante a nivel mundial, tanto para las empresas privadas como para organismos gubernamentales. Esto debido a que Internet es la principal fuente de acceso de cualquier tipo de información (Guamán, 2011). En el diseño de sitios web y sus aplicaciones se deben tener en cuenta diferentes factores, entre ellos los métodos que puedan garantizar seguridad de los datos, para evitar problemas tales como robos de información, suplantación y delitos informáticos (Arboleda & Sánchez, 2013).

La vulnerabilidad, desde un punto de vista tecnológico, es una debilidad existente en algún software, hardware o procedimiento, que puede permitir, a una persona no autorizada, realizar acciones que normalmente no tiene permitidas. De acuerdo con estudios realizados, el 46% de los sitios web contienen vulnerabilidades consideradas de alto riesgo, mientras que el 87% contienen vulnerabilidades de gravedad media. Además, se recalca que, aunque las vulnerabilidades de inyección SQL están disminuyendo ligeramente, otras amenazas se muestran en alza (Acunetix, 2019). Los delincuentes informáticos utilizan una gran cantidad de artificios como son los análisis de agujeros de seguridad, explotación (empleo de las vulnerabilidades encontradas), enumeración de red, entre otros, para burlar la seguridad de muchos sitios, entre las que están desde páginas personales hasta sitios de entidades bancarias o gubernamentales (Arboleda & Sánchez, 2013). En este sentido, las vulnerabilidades de sitios web son bien conocidas (Comunidad OWASP, 2017), así como las formas de prevenirlas o combatirlas (Hernández S. & Mejía M., 2016).

Determinar las vulnerabilidades de un sitio o aplicación es un paso necesario para poder establecer mecanismos de seguridad que permitan prevenir ataques (Karumanchi & Squicciarini, 2015), o incluso implementar políticas más de seguridad más globales (Sabillón & Cano, 2019).

En Ecuador, los sitios web gubernamentales no han estado libres de este tipo de ataques. En el año 2015 fueron vulneradas las seguridades del portal web del Servicio de Contratación Pública, donde hackers utilizaban un software para adulterar el sistema informático en beneficio de empresas, microempresas o personas, quienes pagaban altas sumas de dinero para resultar favorecidas en los concursos públicos, y así obtener contratos (El Comercio, 2015). En el 2019, alrededor de 300 entidades públicas sufrieron ataques cibernéticos en el mes de abril, cuando se produjo la detención de Julian Assange. Esto ubicó al país en el puesto 31 en el ranking mundial de las naciones más agredidas, un promedio de 133 ataques por segundo hacia instituciones del Estado (en total más de 40 millones), con la intención de saturar las páginas de internet y de esta manera paralizar los servicios públicos (El Telégrafo , 2019).

Estos antecedentes evidencian que en muchas instituciones estatales no se encuentran implementados los mecanismos de seguridad adecuados para prevenir los ataques a sus sitios y sistemas web. Esto es un riesgo no solo para la seguridad de información de este tipo de entidades, sino también de los ciudadanos en general, ya que, en muchos casos estas instituciones mantienen información personal de los individuos.

Se han hecho propuestas con el propósito de mejorar la seguridad de sitios y aplicaciones web de entidades públicas, como en los trabajos de (Acosta, 2013) o (Salgado, 2014), incluso a nivel de todo el estado (Vargas, Recalde, & Reyes, 2017)las redes entre computadoras y el fenómeno "Internet", cuya expansión ha configurado la quinta dimensión de la guerra moderna y ha afectadosensiblemente la vida cotidiana de los diversos actores en el mundo global. De hecho, su estudio se convierte en una tarea obligada para la conducción político-estratégica de la defensa de las naciones. En el Ecuador, dichas temáticas (ampliamente discutidas. Las universidades son las que más se han preocupado por evaluar las vulnerabilidades de sus sitios o aplicaciones web (Onofa Calvopiña, 2016), (Vega & Ramos, 2017), (Morales, Avellán, Mera, & Zambrano, 2019), sin que esto signifique necesariamente que estén mejor protegidas.

El propósito del presente artículo es realizar un estudio exploratorio para conocer que vulnerabilidades están presentes en portales web gubernamentales del Ecuador, con la finalidad de obtener resultados que permitan establecer una línea base en este tema. De esta forma se pueden desarrollar trabajos futuros que permitan plantear estrategias para prevenir ataques cibernéticos, y por ende dar mayor seguridad a estos sitios. El resto del artículo se estructura de la siguiente manera: En la siguiente sección se describe la metodología de trabajo utilizada. Posteriormente se presentan los resultados obtenidos, y por último las conclusiones a las que se llegó en el artículo

2. Materiales y Métodos

En este trabajo se aplicó un estudio de casos, tomando como referencia 10 sitios web de entidades del estado, escogidas aleatoriamente y nombrados con letras de la 'A' a la 'J'. A estos sitios se les aplicó un escaneo en busca de vulnerabilidades web, empleando el escáner de vulnerabilidades Acunetix en su versión 12.0.190703137. Esta herramienta, que es multiplataforma, ha sido utilizada previamente en varios estudios similares, como los de Dukes, Yuan, & Akowuah (2013); Daud, Bakar, & Hasan (2014); Karumanchi & Squicciarini (2015); Rexha, Halili, Rrmoku, & Imeraj (2016)such as Structured Query Language (SQL o Alvarez, Correa, & Arango (2016); por lo que su uso en este estudio queda justificado. En nuestro caso, se utilizó la versión de escritorio.

Una vez instalado el software, se procedió a realizar el escaneo de vulnerabilidad de cada sitio escogido. La configuración del escaneo fue de tipo completo (*full scan*) a velocidad moderada. Esta herramienta utiliza la gravedad como métrica para clasificar el nivel de riesgo, la cual emplea los criterios: *High* (nivel alto), *Medium* (nivel medio) y Low (nivel bajo) (Acunetix, 2019). Después de terminar todos los escaneos, se obtuvieron los respectivos reportes. Se ingresaron los datos de estos reportes en matrices, para procesarlos y analizarlos, de acuerdo con el tipo y nivel de vulnerabilidad.

Se determinaron las principales vulnerabilidades de los sitios escaneados, contrastando la información con la que se tiene sobre tendencia mundial en este aspecto, es decir, las vulnerabilidades web más comunes basadas en el listado OWASP (Comunidad OWASP, 2017). Adicionalmente, se buscó si había alguna relación entre el número de elementos escaneados y las vulnerabilidades encontradas, aplicando regresión lineal a los datos obtenidos.

3. Resultados obtenidos

Se tomó una muestra piloto la cual corresponde a 10 de los sitios web gubernamentales de Ecuador, en donde al realizar escaneos en busca de vulnerabilidades, se encontró que el 5% (153) de las vulnerabilidades obtenidas pertenecen al criterio *High*. También se obtuvo que la mayor cantidad de amenazas se centran el en criterio *Medium* con el 92% (3038) del total de vulnerabilidades; y que la menor cantidad se encuentran en criterio *Low* con el 3% (108).

En la figura 1 se presenta la cantidad de vulnerabilidades obtenidas por cada sitio escaneado, donde la mayor cantidad se denota en el Sitio A con 2905 (78,93%), y el menor número de vulnerabilidades está en el Sitio J con tan solo 1 (0,03%) vulnerabilidad.

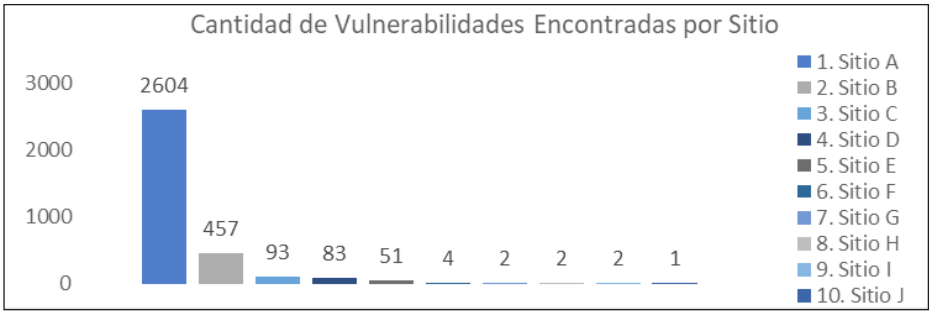


Figura 1 – Cantidad de Vulnerabilidades Encontradas por Sitio

También se pudo obtener las vulnerabilidades más comunes presentes en los sitios gubernamentales, las cuales se pueden observar en el Figura 2, donde la más frecuente es *HTML form without CSRF protection* con el 86% (2823).

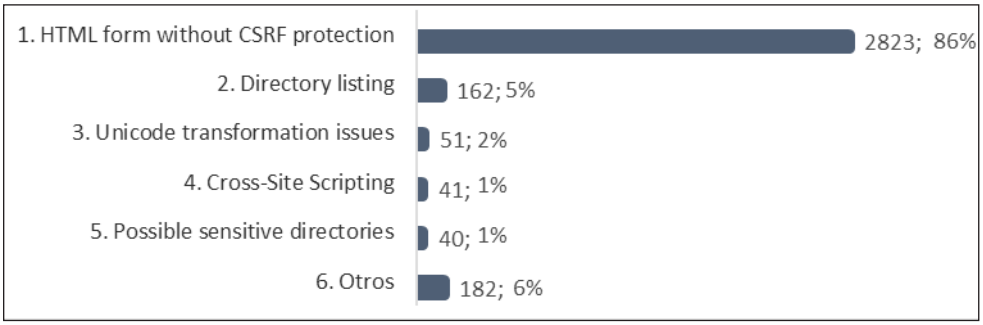


Figura 2 – Vulnerabilidades encontradas más comunes

Tomando en cuenta los criterios de gravedad de Acunetix, se logró obtener las principales amenazas que afectan actualmente a los sitios gubernamentales, las cuales se presentan a continuación ordenados según el tipo de criterio. En la investigación se presentó un caso especial para el sitio A, dado que una amenaza de tipo High se encontraba en su totalidad y abarcaba una cantidad importante de vulnerabilidades, por lo que se analizó este sitio de manera separada.

En la Figura 3 se pueden apreciar las vulnerabilidades de alto riesgo (*High*), sin tomar en cuenta lo encontrado en el sitio A. La principal amenaza fue *Cross-Site Scripting* (XSS), seguida de *Drupal Core 7.x Multiple vulnerabilities*. Cabe indicar que el primer caso en este nivel se corresponde con lo que indica el reporte de OWASP, en el que indica que el XSS es una de las principales vulnerabilidades de sitios web (Comunidad OWASP, 2017), mientras que el segundo se debe al tipo de gestor de contenido utilizado en ciertos sitios.

En el caso del sitio A, las principales amenazas de tipo *High* se representan en la Figura 4, donde la más frecuente es *Unicode Transformatión Issues (UTI)*, seguido de *Cross-Site Scripting* (XSS) y *SQL Injection*, siendo estas últimas dos de las principales vulnerabilidades de sitios web según el reporte de OWASP (Comunidad OWASP, 2017). Aquí queda claro que el principal problema de este sitio se debe a una inadecuada configuración o programación del mismo.

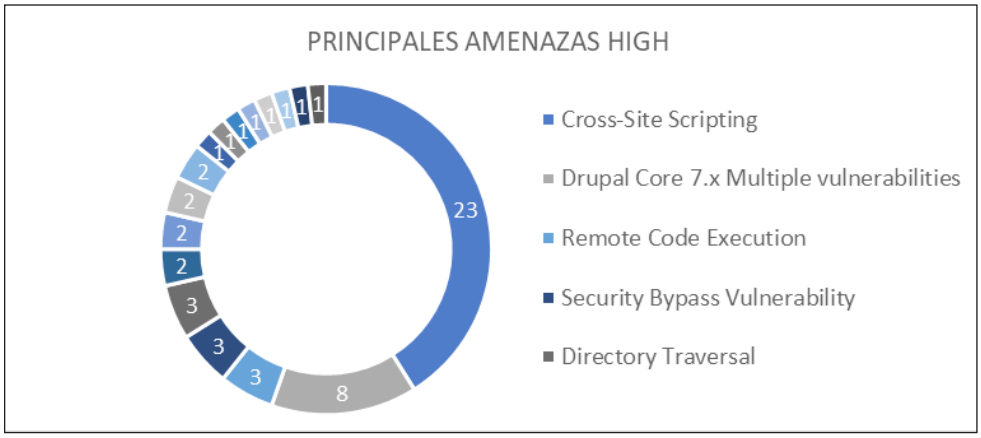


Figura 3 – Principales Amenazas de alto riesgo

Las vulnerabilidades de nivel *Medium* se presentan en la Figura 5, donde la principal amenaza fue *HTML form without CSRF protection*. Los frameworks de desarrollo de sitios web hoy en día ya implementan protección contra el *CSRF*, por lo que esta vulnerabilidad podría resolverse fácilmente.

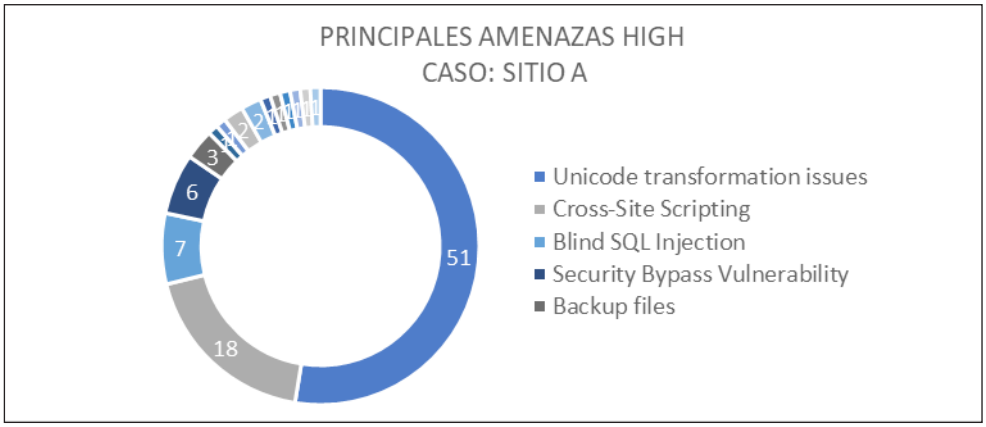


Figura 4 – Principales Amenazas de alto riesgo. Caso: Sitio A

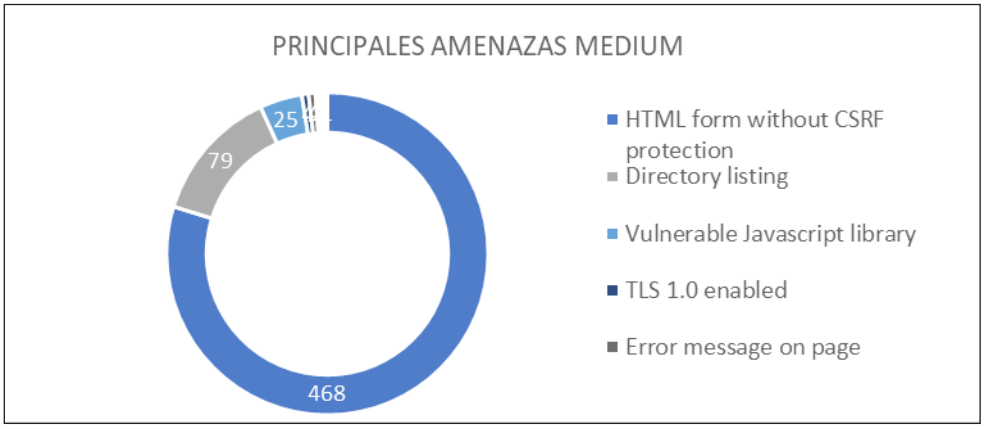


Figura 5 – Principales Amenazas Medium

Para el caso del sitio A, las vulnerabilidades de categoría *Medium* se detallan en la Figura 6, donde también la principal amenaza fue *HTML form without CSRF protection*, siendo esta común en la mayoría de los sitios analizados.

En el caso de la vulnerabilidad de tipo *Low*, la más común fue la transición insegura ente HTTPS y HTTP después de un *Form Post,* seguida de *Clickjacking: X-Frame-Options header missing* (Figura 7).

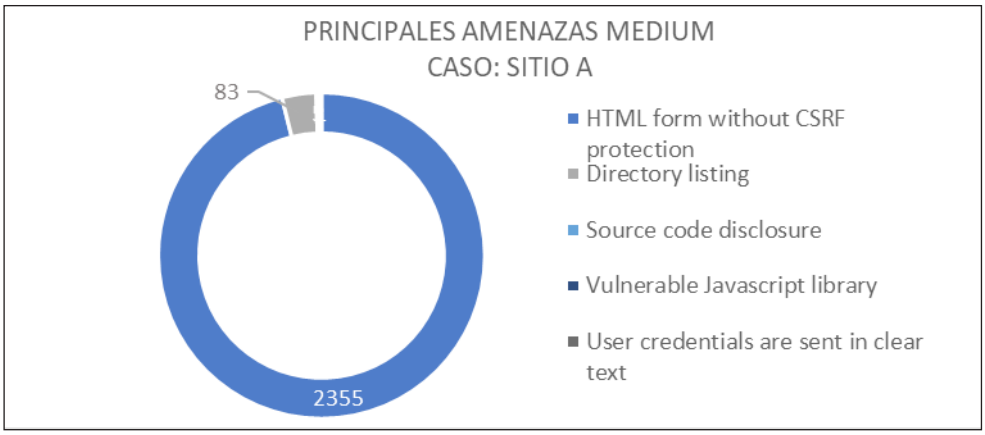


Figura 6 – Principales Amenazas Medium. Caso: Sitio A

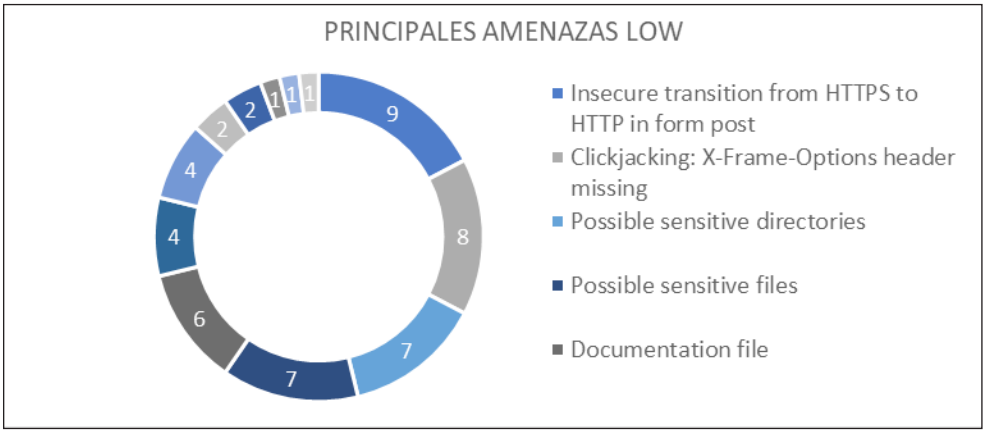


Figura 7 – Principales Amenazas Low

Para el caso del sitio A la vulnerabilidad de tipo *Low* se muestran en la Figura 8, donde la más común fue *Possible sensitive directories*, seguido de la transición insegura ente HTTPS y HTTP después de un *form post*.

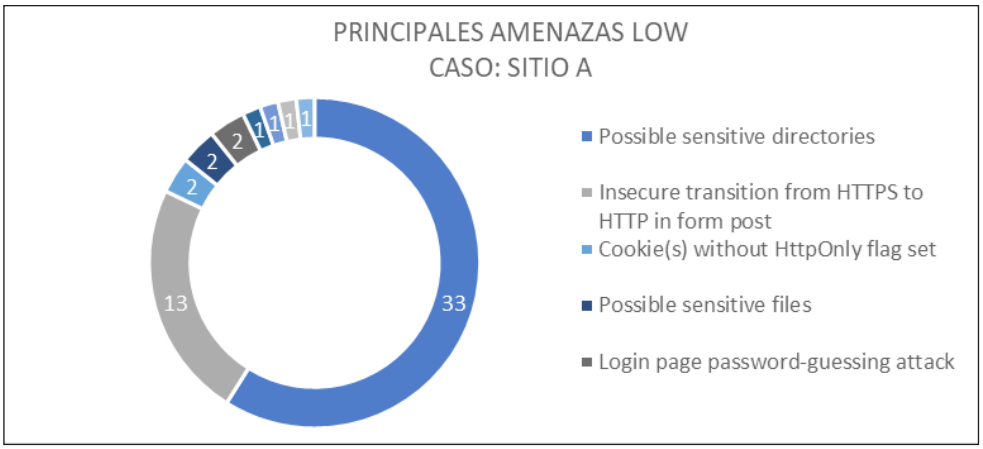


Figura 8 – Principales Amenazas Low. Caso: Sitio A

Mediante un diagrama de dispersión de los 10 sitios analizados (ver Figura 9), se pudo observar que existe cierta relación positiva entre las vulnerabilidades obtenidas y la cantidad de elementos escaneados dentro de un sitio. En esta figura además también se incluye la ecuación de regresión lineal de los elementos graficados, con un coeficiente de correlación de 0.88 considerando el análisis a todos los sitios. Al descartar el caso especial del sitio A, se sigue teniendo una relación positiva con un coeficiente de correlación de 0.9226, como se puede ver en la Figura 10.

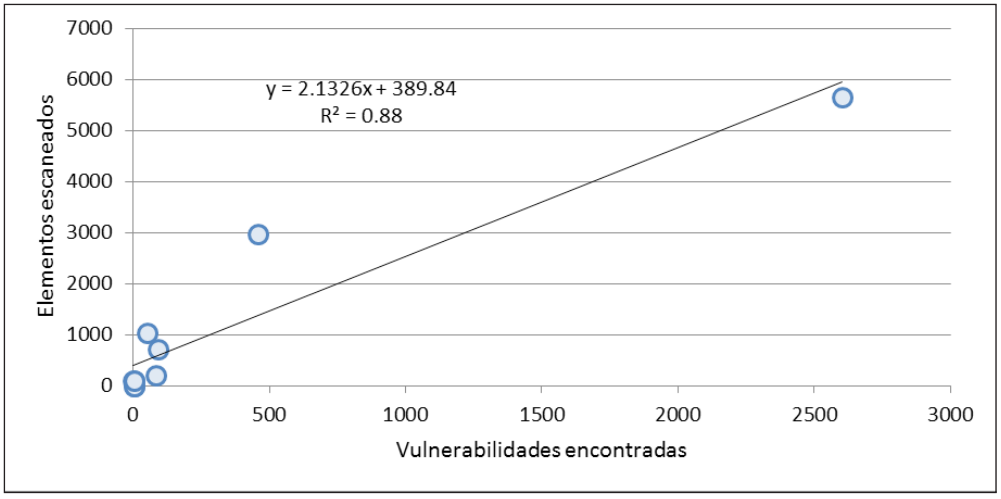


Figura 9 – Relación entre vulnerabilidades encontradas y cantidad de elementos escaneados

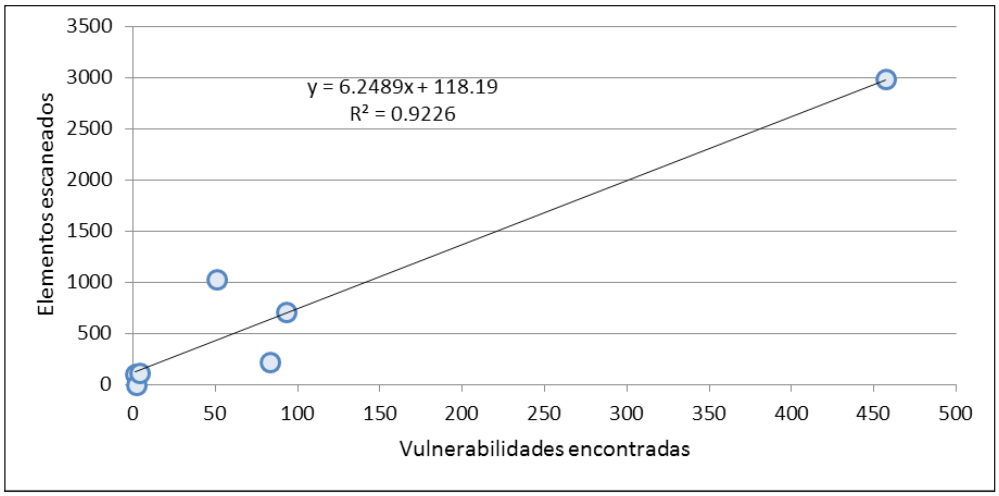


Figura 10 – Relación entre vulnerabilidades encontradas y cantidad de elementos escaneados sin incluir al Sitio A

Si bien es cierto que muchas de las principales vulnerabilidades encontradas coinciden con las más frecuentes a nivel mundial, de acuerdo al reporte de la Comunidad OWASP (2017), no se encontraron muchas de tipo *SQL Injection*, que se considera la vulnerabilidad más común. Sin embargo, preocupa que ciertas vulnerabilidades encontradas son de fácil resolución, pero no se han tomado las medidas necesarias para el caso.

A pesar de que el estado ecuatoriano ha dictado resoluciones al respecto de la seguridad en Internet, como lo menciona el trabajo de Vargas, Recalde, & Reyes (2017)las redes entre computadoras y el fenómeno "Internet", cuya expansión ha configurado la quinta dimensión de la guerra moderna y ha afectadosensiblemente la vida cotidiana de los diversos actores en el mundo global. De hecho, su estudio se convierte en una tarea obligada para la conducción político-estratégica de la defensa de las naciones. En el Ecuador, dichas temáticas (ampliamente discutidas, es evidente que no todas las instituciones las han aplicado. Eso constituye no solo un riesgo para la continuidad del servicio en línea que ofrecen estas instituciones, sino también para la privacidad de la información que mantienen de los ciudadanos.

Cabe indicar que estos resultados son preliminares, ya que se necesitarían más datos para establecer si realmente hay una relación entre estos dos factores para el caso de los sitios web estatales del Ecuador.

4. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en el escaneo de los diez sitios web gubernamentales analizados, se pudo observar que hay sitios con un alto nivel de vulnerabilidad, y en

la mayoría de ellos se encontraron vulnerabilidades consideradas de gravedad alta. Mediante la herramienta Acunetix se obtuvo que la mayor cantidad de amenazas se centran el en criterio Medium con el 92% (3038) del total de vulnerabilidades, el segundo lugar lo ocupa el criterio High con el 5% (153) y la menor cantidad se encuentran en criterio Low con el 3% (108).

En base a los escaneos realizados se pudo identificar las principales vulnerabilidades que afectan actualmente a los sitios web de las entidades del estado, donde la más común es *HTML form without CSRF protection*, seguida de *Directory listing*, Unicode *transformation* y *Cross-Site Scripting*. Además, se observó que el sitio más vulnerable obtuvo 2905, el 78,93% del total de vulnerabilidades detectadas y el sitio con menos vulnerabilidades solo obtuvo 1, la cual equivale al 0,03% de estas vulnerabilidades.

Con los datos obtenidos se logró identificar que existe una correlación positiva entre la cantidad de vulnerabilidades encontradas y la cantidad de elementos escaneados dentro de un sitio, donde la cantidad de vulnerabilidades aumenta ligeramente a medida que aumenta el número de elementos. Este último resultado no es definitivo, puesto que habría que hacer un estudio más amplio y profundo para corroborarlo.

Como trabajo futuro se sugiere expandir este tipo de estudio a la mayoría de sitios y portales web del estado, especialmente a aquellos que mantienen información de los ciudadanos. También se puede complementar el estudio con otras herramientas de análisis.

Referencias

Acosta, O. (2013). *Análisis de Riesgos y Vulnerabilidades de la Infraestructura Tecnológica de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos utilizando Metodologías de Ethical Hacking* (Escuela Politénica Nacional). Retrieved from https://bit.ly/2MbpAig

Acunetix. (2019). Informe de vulnerabilidad de aplicación web Acunetix 2019. Retrieved August 15, 2019, from https://www.acunetix.com/blog/articles/acunetix-web-application-vulnerability-report-2019/

Alvarez, D. E., Correa, D. B., & Arango, F. I. (2016). An analysis of XSS, CSRF and SQL injection in colombian software and web site development. *2016 8th Euro American Conference on Telematics and Information Systems (EATIS)*, 1–5. https://doi.org/10.1109/EATIS.2016.7520140

Arboleda, J., & Sánchez, J. (2013). *Análisis de los factores de seguridad de un sitio Web* (UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA). Retrieved from http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4118/0058A666.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Comunidad OWASP. (2017). *Los diez riesgos más críticos en Aplicaciones Web*. Retrieved from https://github.com/OWASP/Top10/issues

Daud, N. I., Bakar, K. A. A., & Hasan, M. S. M. (2014). A case study on web application vulnerability scanning tools. *2014 Science and Information Conference*, 595–600. https://doi.org/10.1109/SAI.2014.6918247

Dukes, L., Yuan, X., & Akowuah, F. (2013). A case study on web application security testing with tools and manual testing. *Conference Proceedings - IEEE SOUTHEASTCON*. https://doi.org/10.1109/SECON.2013.6567420

El Comercio. (2015). Ecuador se muestra vulnerable a ciberataques. Retrieved August 15, 2019, from https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador-muestra-vulnerable-ciberataques.html

El Telégrafo. (2019). Los ataques cibernéticos intentan desconectar al Ecuador del mundo. Retrieved August 10, 2019, from https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/politica/3/ataques-ciberneticos-desconeccion-ecuador

Guamán, R. (2011). Seguridad en Entornos Web para Sistemas de Gestión Académica. Retrieved August 15, 2019, from http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/120/1/Seguridad de entornos web.pdf

Hernández S., A. L., & Mejía M., J. (2016). Guía de ataques, vulnerabilidades, técnicas y herramientas para aplicaciones Web. *ReCIBE*, *4*(1).

Karumanchi, S., & Squicciarini, A. (2015). A Large Scale Study of Web Service Vulnerabilities. *Journal of Internet Services and Information Security (JISIS)*, *5*(1), 53–69.

Morales, J., Avellán, N., Mera, S., & Zambrano, M. (2019). Ciberseguridad y su aplicación en las Instituciones de Educación Superior. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (E20), 438–448.

Onofa Calvopiña, F. (2016). *Análisis y Evaluación de Riesgos y Vulnerabilidades del Nuevo Portal Web de la Escuela Politécnica Nacional, Utilizando Metodologías de Hackeo ético* (Escuela Politénica Nacional). https://doi.org/10.1103/PhysRevX.7.041008

Rexha, B., Halili, A., Rrmoku, K., & Imeraj, D. (2016). Impact of secure programming on web application vulnerabilities. *2015 IEEE International Conference on Computer Graphics, Vision and Information Security, CGVIS 2015*, 61–66. https://doi.org/10.1109/CGVIS.2015.7449894

Sabillón, R., & Cano M., J. J. (2019). Auditorías en Ciberseguridad: Un modelo de aplicación general para empresas y naciones. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (32), 33–48. https://doi.org/10.17013/risti.32.33-48

Salgado, L. (2014). *Análisis de riesgos de las aplicaciones web de la Superintendencia de Bancos y Seguros, utilizando las recomendaciones Top Ten de OWASP* (Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE). Retrieved from http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8246/1/AC-SI-ESPE-047920.pdf

Vargas Borbúa, R., Recalde Herrera, L., & Reyes Chicango, R. P. (2017). Ciberdefensa y ciberseguridad, más allá del mundo virtual: modelo ecuatoriano de gobernanza en ciberdefensa. *URVIO - Revista Latinoamericana de Estudios de Seguridad*, (20), 31–45. https://doi.org/10.17141/urvio.20.2017.2571

Vega Villacís, G., & Ramos Morocho, R. (2017). Vulnerabilidades y amenazas a los servicios web de la Intranet de la Universidad de Babahoyo. *3C Tecnología*, *6*(1), 53–66. https://doi.org/10.17993/3ctecno.2017.v6n1e21.53-56

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

Recebido/Submission: 22/12/2019
Aceitação/Acceptance: 11/02/2020

Comparativa entre red tradicional y red definida por software: Caso de estudio ESPAM MFL

Pedro Alcívar[1], Marlon Navia[2]

palma1124@hotmail.es, mnaviam@espam.edu.ec

[1] Telecomunicaciones a su Alcance (Telalca), Guayaquil, 090112, Guayas, Ecuador.

[2] Grupo de Investigación SISCOM, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, 130250, Calceta, Ecuador.

Pages: 79–90

Resumen: El concepto de redes definidas por software (SDN) no es nuevo, pero se plantea en la actualidad como un modelo disruptivo en la concepción de las redes de computadoras. Este proyecto tuvo por objeto comparar el paradigma de red tradicional con el modelo SDN en una red de área local, para determinar la aplicabilidad de las redes definidas por software en el entorno analizado. Se implementaron dos entornos de simulación en GNS3, basados en la red del sector 8 de la ESPAM MFL: uno de red tradicional, y otro de red SDN con un diseño similar pero con las características propias de este paradigma. Los parámetros obtenidos de las pruebas fueron la latencia, la variación del retardo y la pérdida de paquetes. Los resultados obtenidos de ambos paradigmas determinaron que las SDN requiere menor cantidad de dispositivos de conexión y que beneficia al rendimiento, control y administración de las redes.

Palabras-clave: Redes de computadoras, redes definidas por software, rendimiento de red, simulación.

Comparison between traditional network and software defined network: Case of study ESPAM MFL

Abstract: The concept of software-defined networks (SDN) is not new, but it is currently considered as a disruptive model in the conception of computer networks. This project aimed to compare the traditional network paradigm with the SDN model in a local area network, to determine the applicability of software-defined networks in the analyzed environment. Two simulation environments are implemented in GNS3, based on the ESPAM MFL's sector 8 network: one of a traditional network, and other of SDN network with a similar design but with the characteristics proper of this paradigm. The parameters obtained from the tests were latency, jitter and packet loss. The performance results of both paradigms determined that SDNs require a smaller number of connection devices and shows advantages in network performance, control and administration.

Keywords: Computer networks, software Defined network, network performance, simulation

1. Introducción

La idea de las redes definidas por software ya se planteaba desde el siglo pasado con iniciativas como *SOFTNET* o *Active Networks* que lograron incluir comandos en el campo de datos de los paquetes transmitidos en la red, dichos comandos se ejecutaban, a medida que eran recibidos (Roncero, 2014). SDN tiene sus inicios con el proyecto *Ethane* (Barona, Valdivieso, & Guamán, 2014) el cual es definido como la separación entre el plano de control y el plano de reenvío de datos (Salih, Ahmed, & Ahmed, 2014). En otras palabras es la administración centralizada de la red por una plataforma de software (Dixon, 2016).

Por otra parte, en el modelo de red tradicional se considera a la infraestructura como un conjunto de elementos independientes y a su vez relacionados entre sí, que realizan la transferencia de datos entre ellos aplicando protocolos y reglas que estarán determinadas en la mayoria de los casos por el hardware (España, 2016).

Las principales empresas de tecnología a nivel mundial cuentan con proyectos en ejecución con este paradigma, donde uno de los casos de mayor relevancia es la interconexión entre los centros de procesamiento de datos de Google. Empresas como Facebook y Microsoft son participantes activas en los avances en esta área tanto en el ámbito investigativo como práctico (Roncero, 2014).

Así mismo, autores como Rojas et al. (2018) cuestionan su aplicación planteándose si el mercado y los administradores de redes están preparados para los cambios que incorpora este paradigma. Además cuestionan la aplicación de tecnologías y estandares libres que esten basados en los aportes de comunidades y organizacones que no brinden soporte en la implementación y configuración de las soluciones, o que garanticen el mantenimiento del software con sus respectivas actualizaciones.

Latinoamérica no se ha desentendido de la tecnología SDN, incluso es posible asegurar que cada vez su aportación es mayor a esta área (Ruiz, 2015). Por ejemplo la empresa ISP en Cuba ETECSA, en la cual se desarrolló un sistema de monitoreo que controla ciertos parámetros de rendimiento y seguridad de la red SDN (Marín, 2016). Otro caso interesante es el que plantea Duarte & Lobo (2015) en su estudio sobre la migración de toda la infraestructura de red tradicional a SDN dentro de las instituciones de educación superior, dándole prioridad a las redes inalámbricas.

SDN podría tener un impacto importante en el desarrollo de los servicios portadores, es por esta razón que los proveedores de estas infraestructuras en el Ecuador tienen muy pendiente la incursión en SDN como eje para el mejoramiento de la administración y mantenimiento de las redes (Pérez & Marín, 2015). Además se puede destacar la rentabilidad del esquema al no estar atado a un software propietario (España, 2016).

Varias universidades del Ecuador están inmersas en investigaciones y desarrollo de prototipos para migrar su infraestructura de red tradicional a SDN. Un ejemplo relevante a nivel de implementación se da en la Escuela Politécnica Nacional (Bernal & Mejía, 2016), donde se realizó la simulación de una red SDN con Mininet, usando una topología similar a un prototipo implementado posteriormente de manera física (Chico, Mejía, & Bernal, 2014).

En la ESPAM MFL se han desarrollado estudios relacionados al funcionamiento de la red de la institución, como el de Vidal (2016), donde se mencionan los problemas que presenta la red en cuanto a su organización y configuración.

Sin embargo, no se ha considerado un cambio significativo en la manera en que se gestionan las redes en esta institución, como podría ser la aplicación de SDN. Con este antecedente se plantea el presente trabajo, donde se ha realizado un análisis comparativo del desempeño de red, aplicando tanto el enfoque tradicional como el SDN. Para esto se emplearon entornos simulados de la topología existente en un sector de esta institución de educación superior.

El resto del artículo se estructura de la siguiente manera: En la sección 2 se presenta la metodología de trabajo que se utilizó en el estudio. Después en la sección 3 se muestran los resultados. La sección 4 presenta las conclusiones del artículo.

2. Materiales y Métodos

El desarrollo de este trabajo estuvo basado en la implementación de ambientes simulados, para lo cual se tomo como referencia la topología de la red del sector 8 de la ESPAM MFL. Las herramientas utilizadas para la implementación de los escenarios fueron el simulamor de redes GNS3 y los sistemas de virtualización VMware Workstation y Virtualbox (Laponina & Sizov, 2017).

En cada entorno de simulación se virtualizaron dispositivos equivalentes en la cantidad de PC's simuladas para cada red LAN, así como los servicios levantados para realizar las pruebas. Las diferencias se presentaron en la cantidad de equipos de interconexión necesarios y que en la red SDN se agregó el controlador de la red. Los servicios vitualizados fueron aula virtual, página web, correo elctrónico y un sistema de resolución de nombres de dominios (DNS).

Para obtener los resultados del análisis comparativo entre el rendimiento de los entornos considerados (red tradicional, y una red SDN), se realizaron consultas a través del protocolo ICMP a dos de los servicios locales en la red simulada y dos servicios reales de la ESPAM MFL. Cada simulación se ejecutó durante 3 horas. La obtención de datos se la realizó en base a la observación de los parámetros capturados por el sistema de monitoreo de red (latencia, jitter y pérdida de paquetes), a los cuales se les aplicó procesamiento estadístico.

2.1. Escenario 1 – Red tradicional

La arquitectura de la red tradicional fue diseñada bajo el modelo de tres capas propuesto por Cisco, los dispositivos fueron emulados con el sistema OpenWRT y el software de la arquitectura X86 de Mikrotik. Estas características permitieron apegarse al diseño original de la arquitectura analizada.

Las redes LAN de cada edificio que conforma el sector 8 de la ESPAM se encuentran estructuradas con su respectivo router de distribución (en ocasiones 2 o 3 equipos), varios switches de acceso y puntos de acceso inalámbrico. En la Figura 1 se muestra el diseño de la topología de este escenario.

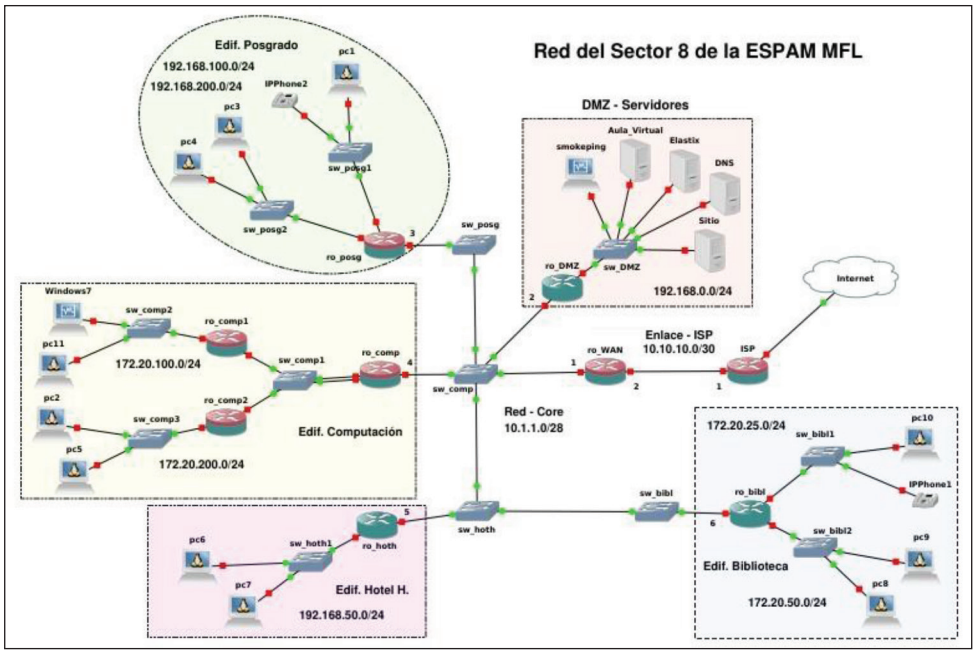


Figura 1 – Diseño de la topología de la red del sector 8 de la ESPAM MFL

2.2. Escenario 2 – SDN

Los entornos de simulación se elaboraron buscando el mayor grado de similitud posible, pero finalmente no resultó posible la replicación exacta del diseño, ya que por definición el paradigma SDN separa el plano de control del plano de datos de los equipos y como resultado se obtiene la optimización de equipos de red. En la Figura 2 se muestra esta configuración de red.

Generalmente, las SDN son diseñadas con el modelo de *leaves and spine* (hojas y columna vertebral [tronco]), el cuál consiste en implementar un dispositivo controlador de la red para que se comunique con los equipos de reenvio de paquetes mediante el protocolo openflow u otro. Esta comunicación se denomina *southbound*, mientras que la comunicación entre el controlador y las aplicaciones que envian la configuración de los equipos de reenvio se conoce como *northbound*.

En tanto a los equipos, sistemas y servicios que complementan la infraestructura fueron los mismos que se utilizaron en el enfoque de red tradicional (teniendo en cuenta la disminución en el uso de los dispositivos de red), al igual que los procesos a realizar para obtener los resultados del rendimiento del paradigma de redes definida por software.

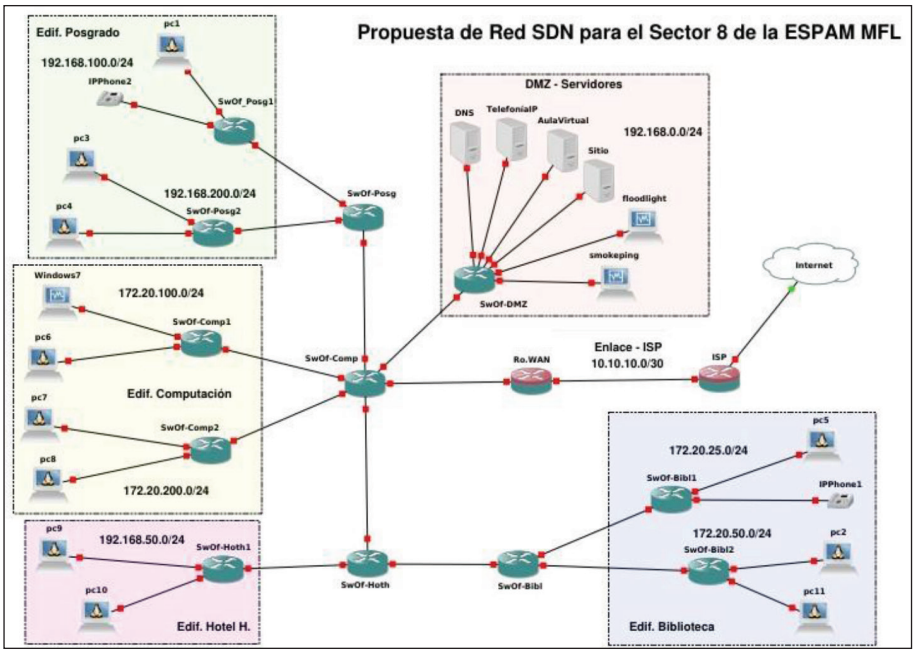


Figura 2 – Diseño de la topología SDN propuesta para el sector 8 de la ESPAM MFL

3. Resultados

Los equipos de los cuales se obtuvieron los resultados del rendimiento fueron una PC virtual por cada red LAN simulada. En la Figura 3 se muestran los valores correspondientes a la media de la latencia generada al realizar consultas ICMP al servicio de aula virtual. Los equipos con más saltos de red hacia el sistema de monitoreo muestran latencia elevada, esta idea aplica para ambos paradigmas con picos de 9,15ms en el entorno de red convencional y 4,2ms en SDN.

La Figura 4 muestra los valores correspondientes a la media de la latencia generada al realizar consultas ICMP al sitio web instalado de manera local. Al igual que en caso anterior, los puntos más altos de latencia se encuentran en los equipos con más saltos hacia el sistema de monitoreo y los picos están en la red tradicional con 8,95ms y el menor en SDN con 4,15ms.

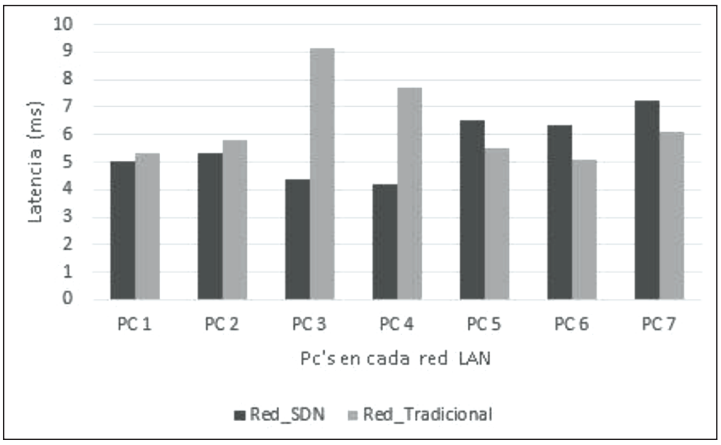


Figura 3 – Comparación de latencia hacia el aula virtual, entre ambos paradigmas

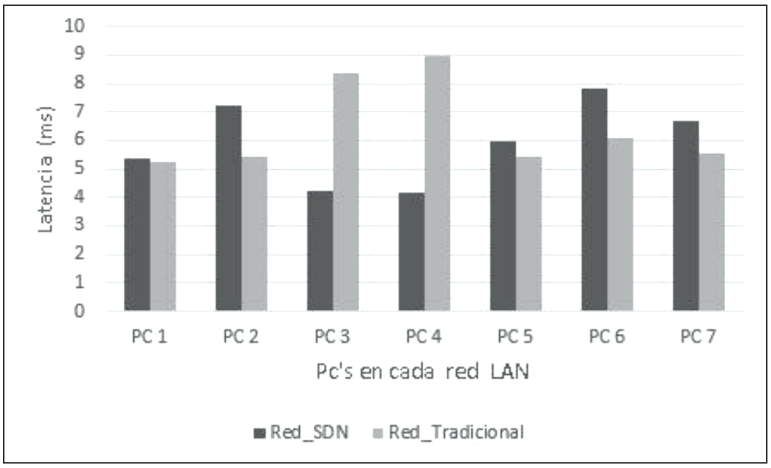


Figura 4 – Comparación de latencia hacia el sitio web local, entre ambos paradigmas

La Figura 5 muestra los valores correspondientes al jitter encontrado en las PC de cada red LAN simulada. Para este caso todos los valores de la red SDN son menores a la red tradicional a excepción de la PC 5. El pico de menor valor se da en SDN con 1,2 ms y el valor más alto está en la red tradicional con 4,6 ms.

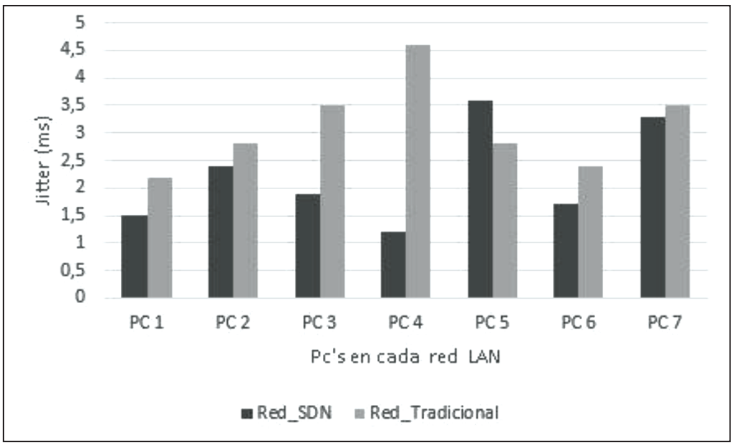


Figura 5 – Comparación de latencia hacia el sitio web local, entre ambos paradigmas

La Figura 6 muestra los valores del jitter encontrados al realizar consultas ICMP al sitio web local. En este caso, SDN continúa mostrando mayor cantidad de valores inferiores que la red tradicional, teniendo como pico las PC 4 y 5 de este paradigma con 4,3ms, y el menor valor corresponde a SDN con 2,3ms.

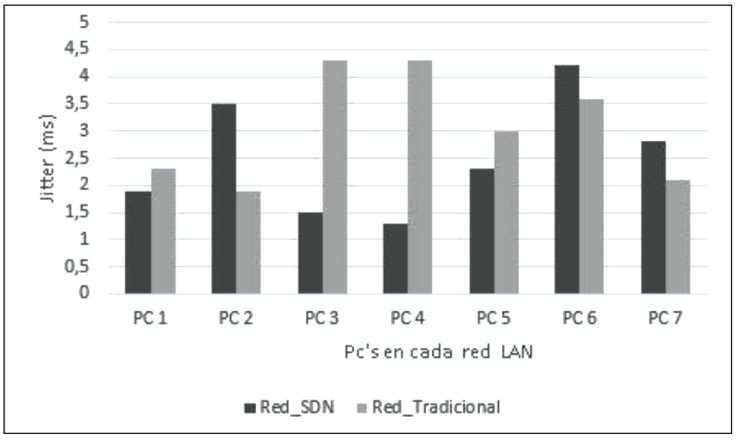


Figura 6 – Comparación de latencia hacia el sitio web local, entre ambos paradigmas

En la Figura 7 se observa como el paradigma de red SDN presenta ventajas en cuanto al promedio calculado de los valores correspondientes a la latencia y al jitter que se obtuvieron de las pruebas realizadas en el escenario de estudio. Así mismo, se observa la pérdida de paquetes en SDN del 0,28% la cual se dio al inicio de la puesta en marcha de la red, cuando los dispositivos de reenvío aún desconocían las rutas definidas en las tablas de flujo.

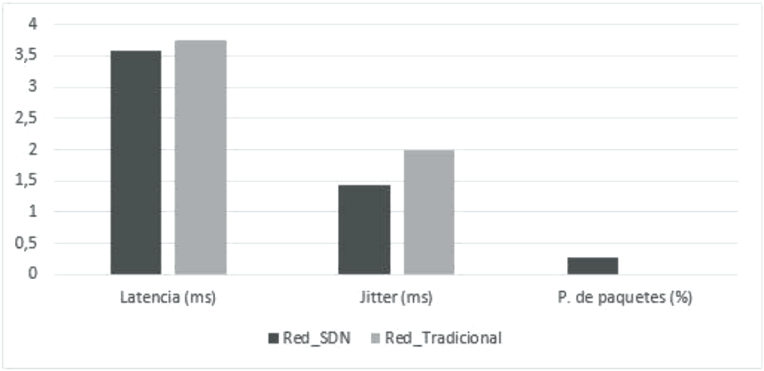


Figura 7 – Promedios de valores de los parámetros de rendmiento.

En la Tabla 1 se resumen los valores obtenidos por la herramienta de monitoreo Smokeping al realizar las pruebas, Así mismo se resaltan los mejores valores (menor valor absoluto) de cada prueba realizada.

Equipos / Paradigmas	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
SDN MOODLE LOCAL							
Latencia Media	5,05	5,30	4,35	**4,20**	6,50	6,35	7,25
Fluctuación	1,50	2,40	1,90	**1,20**	3,60	1,70	3,30
SDN WEB LOCAL							
Latencia Media	5,35	7,25	4,25	**4,15**	5,95	7,80	6,70
Fluctuación	1,90	3,50	1,50	**1,30**	2,30	4,20	2,80
SDN WEB ESPAM MFL							
Latencia Media	5,25	4,80	**4,00**	4,35	4,80	4,55	4,60
Fluctuación	2,70	1,60	**1,20**	1,90	1,60	1,30	1,60
SDN MAIL ESPAM MFL							
Latencia Media	**5,00**	5,45	5,95	5,45	5,95	5,50	5,15
Fluctuación	2,00	2,30	3,10	2,90	2,70	**2,20**	2,30

Equipos / Paradigmas	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
TRADICIONAL MOODLE LOCAL							
Latencia Media	5,30	5,80	9,15	7,70	5,50	**5,10**	6,15
Fluctuación	**2,20**	2,80	3,50	4,60	2,80	2,40	3,50
TRADICIONAL WEB LOCAL							
Latencia Media	**5,25**	5,45	8,35	8,95	5,40	6,10	5,55
Fluctuación	2,30	**1,90**	4,30	4,30	3,00	3,60	2,10
TRADICIONAL WEB ESPAM MFL							
Latencia Media	5,20	5,80	5,70	6,15	**4,15**	4,90	5,25
Fluctuación	2,00	2,60	2,00	2,30	**1,50**	1,60	2,10
TRADICIONAL MAIL ESPAM MFL							
Latencia Media	5,10	**4,90**	6,55	7,55	5,10	6,40	5,15
Fluctuación	2,40	2,20	2,50	3,30	2,80	2,40	**2,10**

Tabla 1 – Latencia y jitter, obtenidos del sistema de monitoreo en ambos paradigmas de red.

5. Discusión

Entre las ventajas de las redes SDN que se mencionan en este trabajo están sus bases en protocolos y estándares abiertos, criterio que es compartido por autores como (Rojas, y otros, 2018). De igual manera este beneficio conlleva ciertos inconvenientes como por ejemplo: la incompatibilidad existente entre diversos protocolos SDN, las características de funcionalidades exclusivas definidas por los proveedores de soluciones de redes, lo que conlleva a estar sujetos a marcas al considerar la escalabilidad de la red para obtener mayores índices de productividad en la infraestructura (Parra, Morales, & Hernández, 2015).

La investigación realizada por Dueñas, Marín, & Cruz (2017) se asemeja en varios aspectos a este documento, ya que se enfoca en el análisis comparativo entre los paradigmas de redes tradicional y SDN, pero ellos lo realizan basándose en la herramienta de simulación Mininet y sin plantear un escenario específico, a diferencia de este trabajo que esta soportado en GNS3 y la comparación es basada en una red universitaria (Holik & Horalek, 2017).

Las SDN se han convertido en una tecnología de red eficiente con la capacidad de adaptarse a la naturaleza cambiante de las funciones de las redes y las aplicaciones inteligentes tal como sustentan en su investigación Sezer y otros (2013), esta capacidad de adopción está acompañada de la reducción de costes en la infraestructura y administración simplificada, este criterio es compartido por los desarrolladores de este trabajo.

Esta investigación fomenta la aplicabilidad de las SDN en entornos de redes LAN y particularmente en escenarios de redes de instituciones de educación superior, esta

idea también es respaldada por (Duarte & Lobo, 2015) en su investigación sobre la factibilidad de aplicación de una red SDWLAN (Software Defined Wireless Local Area Network) en un campus universitario (Zhao, Zhu, & Xu, 2014) (Chan, y otros, 2014).

Hay que tener en cuenta que SDN presenta inconvenientes, entre los cuales se mencionan: los gastos relacionados a nuevo hardware y software, por ser una tecnología nueva hay varias funciones que no están del todo definidas o entendidas, la falta de personal capacitado para la implementación y administración de la red en base a este paradigma (Parra, Morales, & Hernández, 2015).

Las implementaciones realizadas con el modelo SD-WAN avalan la factibilidad de aplicación de las SDN en redes de área amplia, sin embargo, la extensión de este paradigma hasta los entornos de redes LAN es condicionada en parte por su funcionamiento, teniendo en consideración que muchas de las decisiones de reenvío son definidas por el controlador lo que genera degradación en el rendimiento (El Kamel, Majdoub, & Youssef, 2017) (Manel & Habib, 2017).

6. Conclusiones

El paradigma de SDN plantea un mejoramiento en el esquema analizado desde su diseño al reducir la cantidad de equipos necesarios para el funcionamiento de la red analizada en este estudio. Además, se simplifica la administración de la red SDN mediante el uso del controlador de la red.

Los resultados del rendimiento de ambos paradigmas muestran como la red definida por software presenta ligeramente mejor rendimiento que la red tradicional, para el caso del entorno y topologías analizados, así mismo en el caso de SDN se presentaron pérdidas de paquetes en dos pruebas por el desconocimiento de la ruta de destino en primera instancia.

En la red tradicional se obtuvieron los mayores niveles de latencia en los equipos que estaban separados del sistema de monitoreo por mayor cantidad de routers, de igual manera en SDN la latencia fue mayor en los equipos que estaban a mayor distancia de la aplicación de monitoreo pero separados por dispositivos de reenvío de datos.

El esquema que se simuló bajo el paradigma de SDN en este proyecto puede considerarse como una red híbrida, ya que varios equipos se mantuvieron funcionando de manera tradicional y sin la administración mediante el controlador de la red.

Referencias

Barona, L., Valdivieso, L., & Guamán, D. (2014). Una Nueva alternativa a mininet: Emulación de una red definida por software usando VNX. *IX Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE,* 193 - 199.

Bernal, I., & Mejía, D. (2016). Las redes definidas por software y los desarrollos sobre esta temática en la Escuela Politécnica Nacional. *Revista Politécnica*, 11.

Chan, M. C., Chen, C., Huang, J. X., Kuo, T., Yen, L. H., & Tseng, C. C. (2014). OpenNet: A simulator for software-defined wireless local area network. *In 2014 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, 3332 - 3336.

Chico, J., Mejía, D., & Bernal, I. (2014). Implementación de un prototipo de una red definida por software (SDN) empleando una solución basada en hardware. *Jornadas en Ingeniería Eléctrica y Electrónica*, 356 - 365.

Dixon, J. (4 de Mayo de 2016). Software defined networking. *Infosecwriters*. Obtenido de http://www.infosecwriters.com/Papers/JDixon_SDN.pdf

Duarte, G. E., & Lobo, R. J. (2015). Emulación de escenarios virtuales, en una SDWLAN (software defined wireless local area network), de un campus universitario. *Ingeniería al Día*, 69 - 85.

Dueñas, S. C., Marín, M. Y., & Cruz, E. H. (2017). Red SDN vs Red Tradicional. In 8va Conferencia Científica Internacional.1 - 7.

El Kamel, A., Majdoub, M., & Youssef, H. (2017). A Fast Bit-Level MPLS-Based Source Routing Scheme in Software Defined Networks: SD-{W, L} AN. In International Conference on Mobile, Secure, and Programmable Networking. *Springer,*, 109-121.

España, T. N. (2016). *Diseño y Simulación de una Red Definida por Software*. Quito: Facultad de Ingeniería Ciencias Físicas y Matemáticas.

Holik, F., & Horalek, J. (2017). Implementing SDN into computer network lessons. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (JTEC)*, 65 - 69.

Laponina, O. R., & Sizov, M. R. (2017). Laboratory bench for testing the integration capabilities of SDN networks and traditional networks. *International Journal of Open Information Technologies*, 3 - 12.

Manel, M., & Habib, Y. (2017). An Efficient MPLS-Based Source Routing Scheme in Software-Defined Wide Area Networks (SD-WAN). *International Conference on Computer Systems and Applications (AICCSA)*, 1205-1211.

Marín, M. Y. (2016). *Plataforma de pruebas para evaluar el desempeño de las redes definidas por software basadas en el protocolo Openflow*. Cuba: Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería Eléctrica.

Parra, L. P., Morales, V. M., & Hernández, H. J. (2015). Redes Definidas por Software: beneficios y riesgos de su implementación en las universidades. *CONAIC*, 49 - 54.

Pérez, G. C., & Marín, M. F. (2015). Redes definidas por software: Solución para servicios portadores del Ecuador. *Investigation Research Review*, 41-63.

Rojas, E., Doriguzzi-Corin, R., Tamurejo, S., Beato, A., Schwabe, A., Phemius, K., & Guerrero, C. (2018). Are we ready to drive software-defined networks? A comprehensive survey on management tools and techniques. *ACM Computing Surveys*.

Roncero, H. O. (2014). *Software defined networking*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.

Ruiz, Q. A. (2015). *Estado del arte redes definidas por software (SDN).* Pereira: Universidad Católica de Pereira.

Salih, H. A., Ahmed, W. K., & Ahmed, Y. M. (2014). *Implementation of Remote Configuration Using SDN Approach*. Sudan University of Science and Technology.

Sezer, S., Scott-Hayward, S., Chouhan, P. K., Fraser, B., Lake, D., Finnegan, J., & Rao, N. (2013). Are we ready for SDN? Implementation challenges for software-defined networks. *IEEE Communications Magazine*, 36-43.

Vidal, L. J. (2016). *Diseño una propuesta de mejoramiento en la infraestructura de red de datos en la ESPAM MFL con calidad de servicio*. Maestría en Redes de Comunicaciones, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito.

Zhao, D., Zhu, M., & Xu, M. (2014). SDWLAN: A flexible architecture of enterprise WLAN for client-unaware fast AP handoff. *In Fifth International Conference on Computing, Communications and Networking Technologies (ICCCNT)*, 1 - 6.

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

Recebido/Submission: 07/11/2019
Aceitação/Acceptance: 19/01/2020

Análisis de seguridad de la implementación del protocolo SSL/TLS en un servidor RADIUS: Caso de estudio

Aura Zambrano Rendón[1], Marlon Navia Mendoza[1]

azambrano@ espam.edu.ec, mnaviam@espam.edu.ec

[1] Grupo de Investigación SISCOM, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, 130601, Calceta, Ecuador.

Pages: 91–105

Resumen: Los mecanismos de autenticación deben tener un adecuado nivel de seguridad. En este artículo se presenta un caso práctico de análisis de seguridad de la implementación del protocolo SSL/TLS en un servidor RADIUS. Para esto se implementó un servicio RADIUS, con los protocolos mencionados, en dos servidores (GNU/Linux y MS Windows Server). Se diseñó un esquema de pruebas en las que se escanearon tanto los servidores como los clientes en busca de puertos abiertos, y luego se intentó acceder a los servidores aprovechando las vulnerabilidades encontradas. En el servicio implementado en Ubuntu no se identificaron vulnerabilidades. Por otra parte, en el servicio con Windows Server se encontraron puertos abiertos e información del sistema operativo. Los clientes presentaron menos puertos abiertos cuando tenían certificados digitales configurados para la autenticación. Dependiendo de la forma de implementación y configuración, el uso de RADIUS con SSL/TLS puede llegar a ser muy seguro y presentar menos vulnerabilidades.

Palabras-clave: vulnerabilidad de red, autenticación, certificados, servidor AAA.

Security analysis of SSL/TLS protocol implementation on a RADIUS server: Case study

Abstract: Authentication mechanisms must have an adequate level of security. This article presents a case study of security analysis of the implementation of SSL/TLS protocol on a RADIUS server. For this, a RADIUS service was implemented with the mentioned protocols in two servers (GNU/Linux and MS Windows server). A test scheme was designed in which both servers and clients were scanned for open ports, and then attempts were made to access the servers by exploiting the vulnerabilities found. In the Ubuntu server implementation no vulnerabilities were identified. On the other hand, open ports and information about operating system features were found in the Windows Server service. Clients presented fewer open ports when they had digital certificates configured for authentication. With this, depending on the form of implementation and configuration, the use of RADIUS with SSL/TLS can be very secure and shows less vulnerability.

Keywords: network vulnerability, authentication, certificates, AAA server.

1. Introducción

El protocolo RADIUS (*Remote Authentication Dial-In User Service*) es un protocolo de autenticación y autorización de acceso a red, utilizado por varios tipos de aplicaciones. Se lo considera un sistema AAA (Autenticación, Autorización y Auditoría). Trabaja con un esquema Cliente-Servidor, donde el cliente envía credenciales de usuario al servidor, para autenticarse y acceder a una aplicación o red (Feng, 2009).

Entre otras funcionalidades, proporciona la asignación estática de información de IPv4 e IPv6 para los usuarios que intentan obtener acceso a una determinada red, mediante el envío de solicitudes de autenticación, empleando los protocolos de autenticación heredados como PAP, CHAP, MSCHAPv1 y MSCHAPv2. La autenticación del usuario se basa en las direcciones IP y los números de puerto (Cristescu, Croitoru, & Sorici, 2016). Sin embargo, el uso de un servidor RADUIS no implica que el sistema de autenticación sea completamente seguro (Maslov, Katuntsev, & Maliavko, 2017).

La combinación de protocolos SSL/TLS provee confidencialidad, integridad y autenticidad, aplicando criptografía, a las aplicaciones que requieran enviar datos a través de Internet. Estos protocolos pueden usarse en conjunto con otros para incrementar la seguridad y confiabilidad en la autenticación de red (González Paz et al., 2016), tal como se viene haciendo desde hace años, lo que se evidencia en trabajos como el de Kambourakis et al. (2004).

Es posible utilizar SSL/TLS junto con RADIUS, para proveer mayor seguridad al momento de realizar la autenticación o autorización, mediante el uso de certificados digitales, dentro de un modelo de seguridad de identificación (Toapanta, Mafla, & Orizaga, 2017). Sin embargo, la combinación de estos protocolos no está exenta de riesgos de seguridad, como lo confirma el trabajo de Sivakorn et al. (2017). Además, SSL/TLS tiene varias vulnerabilidades conocidas, especialmente en sus versiones obsoletas (Gunawan, Sitorus, Rahmat, & Hizriadi, 2017).

Por lo general, la mayoría de investigaciones sobre vulnerabilidades en protocolos o métodos de autenticación se centran principalmente en el servidor, o en el protocolo en sí, pero pocas veces en el cliente que se autentica. Esto implica un riesgo no contemplado, ya que un host cliente legítimamente conectado a un servicio o red, puede haber sido víctima de un ataque previo, y ser utilizado para acceder ilegítimamente al servidor o red que se quiere proteger.

Este trabajo presenta los resultados del análisis de seguridad de la implementación de un servidor RADIUS que utiliza SSL/TLS. El objetivo del mismo fue evaluar la seguridad, tanto a nivel de servidor como de cliente, de estos protocolos cuando se usan de forma combinada, con base en la búsqueda y aprovechamiento de vulnerabilidades en implementaciones de este servicio. De esta forma se puede establecer que implementación, tanto a nivel de servidor como de cliente, pudiera ser más segura.

El resto del artículo se estructura de esta manera: En la sección 2 se presenta la metodología de trabajo aplicada. Luego en la sección 3 se exponen los resultados obtenidos. Por último, la sección 4 muestra las conclusiones del artículo.

2. Materiales y Métodos

La implementación de los servidores y las pruebas de evaluación se realizaron dentro de la Carrera de Computación de la ESPAM MFL, en una infraestructura de red limitada, creada para este estudio.

En este trabajo se aplicó la investigación experimental, al analizar si había relación entre la variable "forma de implementación de RADIUS con SSL/TLS" y la variable "vulnerabilidades en servidor/cliente" (Tabla 1). Para la primera variable se implementó el servidor RADIUS con protocolo SSL/TLS en los sistemas operativos GNU/Linux (Ubuntu) y Windows Server. Para la segunda variable se definió dos criterios a medir: los puertos abiertos y cerrados de cada servidor, mediante el escáner de red Nmap (Lyon, 2019). Se utilizó una tabla de contingencia para ilustrar la relación entre ambas variables. Además, en el caso de los servidores, una vez verificado si habían puertos abiertos se intentó acceder al servidor aprovechando los mismos, mediante el uso de Metasploit (Rapid7 LLC, 2019).

Forma de implementación de RADIUS con SSL/TLS	**Objetivos de búsqueda de vulnerabilidades**		
	Servidores	**Cliente Windows**	**Cliente Ubuntu**
Servidor GNU/Linux	Ubuntu Server	x	x
Servidor MS Windows	Windows Server	x	x

Tabla 1 – Esquema de las variables consideradas

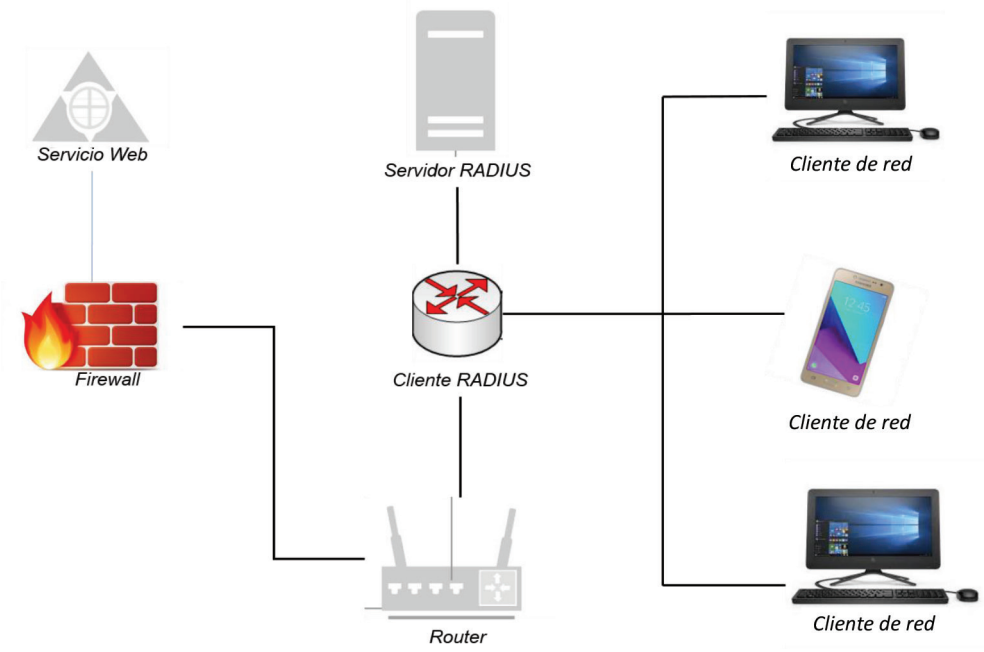


Figura 1 – Esquema de la infraestructura de la red utilizada para el análisis de seguridad.

En la Figura 1 se muestra el esquema de la infraestructura de equipos utilizados en esta investigación. En esta figura, el cliente RADIUS es el Router que aparece en el centro del esquema, contra el que se autentican los clientes de la red. El servidor RADIUS se implementó de dos maneras, de acuerdo a lo indicado en la Tabla 1.

La configuración de la implementación de ambos servidores se resume en la Tabla 2. El Servidor 1 corresponde al servicio creado sobre un sistema operativo GNU/Linux, mientras que el Servidor 2 corresponde a la implementación sobre un sistema MS Windows.

Una vez configurado cada servidor, se generaron los certificados para los clientes de la red, y se comprobó la conexión a los mismos. Para esto cada cliente se conectó a una red tipo WiFi, donde el dispositivo inalámbrico (el Router descrito al final de la Tabla 2), verificaba si el cliente podría conectarse, comparando la información que proveía con la del servidor RADIUS de la red.

Criterio	**Servidor 1**	**Servidor 2**
Sistema Operativo	Ubuntu Server 18.04	Windows Server 2016 Datacenter
Implementación de RADIUS	FreeRadius 3.0	Active Directory
Versión de SSL/TLS	EAP-TLS	802.1X, PEAP
Principales parámetros de configuración del servicio	*clients.conf* (para habilitar uso de certificados) *users* (registro de credenciales)	Agregación de certificados y usuarios de servicio RADIUS
Cliente RADIUS	*Router Linksys E900, con WPA2 Enterprise Mixed Mode*	

Tabla 2 – Configuración de las implementaciones

```
(5) eap_tls: <<< recv TLS 1.0 Handshake [length 0106], CertificateVerify
(5) eap_tls: TLS_accept: SSLv3/TLS read certificate verify
(5) eap_tls: TLS_accept: SSLv3/TLS read change cipher spec
(5) eap_tls: <<< recv TLS 1.0 Handshake [length 0010], Finished
(5) eap_tls: TLS_accept: SSLv3/TLS read finished
(5) eap_tls: >>> send TLS 1.0 ChangeCipherSpec [length 0001]
(5) eap_tls: TLS_accept: SSLv3/TLS write change cipher spec
(5) eap_tls: >>> send TLS 1.0 Handshake [length 0010], Finished
(5) eap_tls: TLS_accept: SSLv3/TLS write finished
(5) eap_tls: (other): SSL negotiation finished successfully
(5) eap_tls: SSL Connection Established
(5) eap_tls: [eaptls process] = handled
```

Figura 2 – Cuarta Fase del handshake finalización de la negociación.

Previo a la realización de las pruebas, se ejecutó la comprobación de funcionamiento del protocolo SSL/TLS, que permitió la autenticación del servidor con el cliente, misma que consiste en una serie de mensajes intercambiados por el protocolo handshake entre

ambos. Se realizo una serie de etapas: 1.) Se realizó la comprobación de la conexión y establecimiento de las capacidades de cada extremo. 2.) Se lleva a efecto la autenticación del servidor y el intercambio de clave. 3.) Se efectuó la autenticación del cliente y el intercambio de clave. 4.) Y en la cuarta etapa del handshake finaliza la negociación de parámetros entre cliente y servidor tal como se observa en la Figura 2.

Verificado el funcionamiento del servicio, se procedió con las pruebas de seguridad. Desde un equipo con el sistema operativo Kali Linux, se utilizó la herramienta Nmap para verificar que puertos se encontraban abiertos en el servidor. Posteriormente, también se verificó los puertos abiertos en los clientes de la red.

En la Tabla 3 se muestran las opciones de la herramienta Nmap que fueron aplicadas en las pruebas realizadas. Como parte de los resultados del escaneo, los puertos encontrados pueden estar abiertos (cuando pueden aceptar conexiones o datagramas), cerrados (cuando el puerto responde pero no hay aplicación escuchando), filtrado (si hay alguna regla de filtrado en el puerto o un cortafuegos) o no filtrado (si el puerto es accesible pero no se puede determinar si está abierto o cerrado) (Lyon, 2019).

Comando	**Acción**
nmap –O A.B.C.D	Realiza un escaneo que incluye la detección del sistema operativo del equipo con dirección IP *A.B.C.D*
nmap –sS	Realiza un escaneo de puertos basado en TCP, enviando un paquete SYN
nmap –p 1-4000	Realiza un escaneo del puerto 1 al 4000
nmap –sV	Realiza un sondeo de los puertos para visualizar los servicios y versiones
nmap –sV --script=banner	A la opción *sV* se agrega la ejecución de un script, en este caso un *fingerprinting*
nmap -A	Escaneo agresivo, agrega otras opciones al escaneo como *–O*, *-sV* y *-sC*.

Tabla 3 – Opciones de Nmap utilizadas en las pruebas

Después de determinar que puertos estaban abiertos, se intentó aprovechar los mismos para acceder al sistema. Para esto se utilizó la herramienta Metasploit, desde el mismo equipo con Kali Linux, tal como se había indicado antes.

3. Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en el estudio. En primer lugar se muestran los resultados del análisis con la herramienta Nmap en Kali Linux, al servidor RADIUS con el protocolo SSL/TLS en Ubuntu y a las máquinas clientes conectadas. Posteriormente se presentan los resultados del mismo proceso para la implementación en el sistema operativo Windows Server.

3.1. Información Obtenida del Servidor RADIUS con el protocolo SSL/TLS en Ubuntu

Se empezó escaneando las vulnerabilidades en el servidor RADIUS implementado en el Sistema Operativo Ubuntu. Se empleó la detección del sistema operativo del servidor, pero no se encontraron detalles (Figura 3).

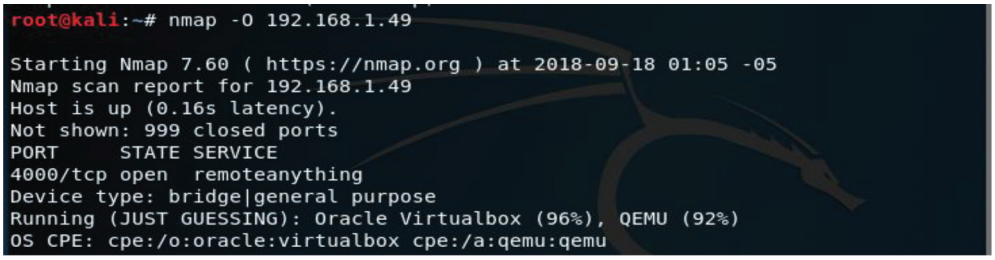


Figura 3 – Detección del sistema operativo

Luego se realizó un escaneo más profundo para determinar la condición de los puertos. En este caso, se encontró que los puertos del servidor están filtrados (Figura 4).

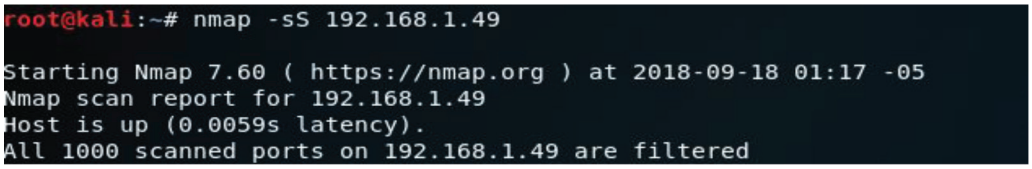


Figura 4 – Escaneos de Puertos al servidor Ubuntu

Sin embargo, puesto que en el resultado de la Figura 3 se encontró un puerto abierto, se realizó una análisis más profundo del puerto 4000/tcp, para conocer los servicios, tal como se muestra en la Figura 5.

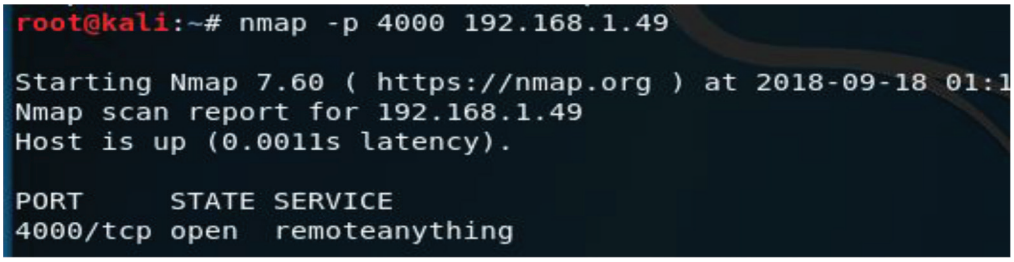


Figura 5 – Servicios del puerto 4000 filtrados

También se realizó un sondeo de puertos para visualizar los servicios y versiones. Se pudo constatar que el resto de información no se pudo revelar, tal como se aprecia en la Figura 6.

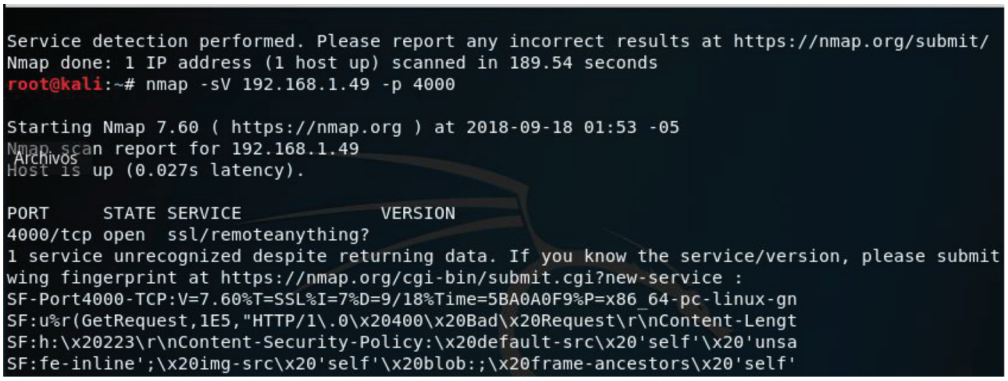


Figura 6 – Sondeos de los servicios/versiones

Para determinar si se podía obtener más información del servidor, se realizó un escaneo agresivo. Sin embargo, no se revelaron más datos (Figura 7).

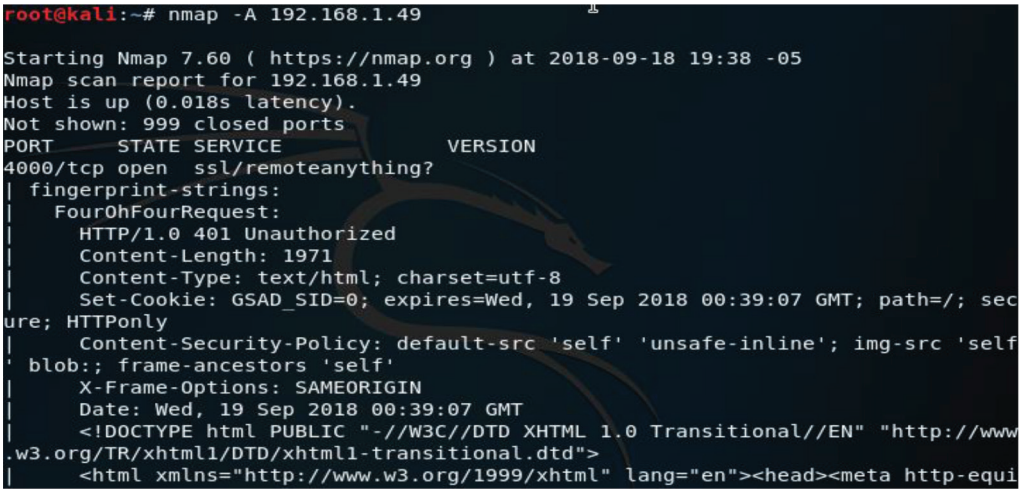


Figura 7 – Resultado del escaneo agresivo al Servidor

Posteriormente se realizó una prueba de dos máquinas conectadas cómo clientes. La computadora con la dirección 192.168.1.132 utiliza Ubuntu para escritorio y tiene

instalados los certificados de autenticación, cliente y servidor generados por el servicio FreeRadius previamente; mientras que la que tiene la dirección 192.168.1.128 utiliza Windows 10 el certificado respectivo.

En las figuras 8 y 9 se puede observar las diferencias entre las dos máquinas; al momento de realizar un escaneo. El primer equipo presenta todos los puertos filtrados mientras que en la otra máquina muestra cuatro puertos abiertos como son: 135/tcp, 139/tcp, 445/tcp, 1433/tcp.

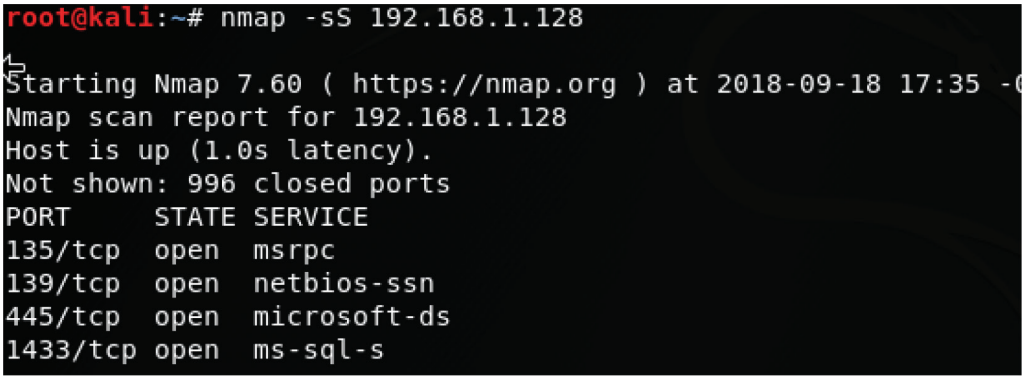


Figura 8 – Host cliente Windows conectado mediante SSL/TLS

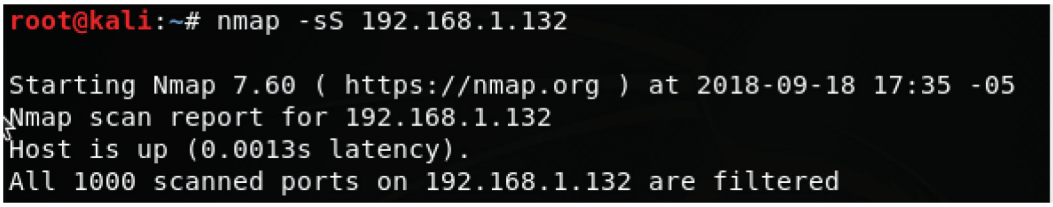


Figura 9 – Host cliente GNU/Linux conectado al servidor mediante SSL/TLS

Con estos datos se evidencia que, al configurar un certificado de tipo SSL/TLS en un cliente que se autentifica contra un servidor RADIUS, la seguridad del mismo, contra posibles ataques desde la red, se incrementa.

3.2. Información Obtenida en el RADIUS implementado en el Sistema Operativo Windows Server

Inicialmente se efectuó un análisis más exhaustivo de los puertos para revisar estado, servicio y versión; además muestra información más detallada como nombre del

computador, dominio, sistema operativo entre otras características. El resultado de este escaneo se ve en la Figura 10. Aquí se aprecia que son varios los puertos abiertos en este servidor.

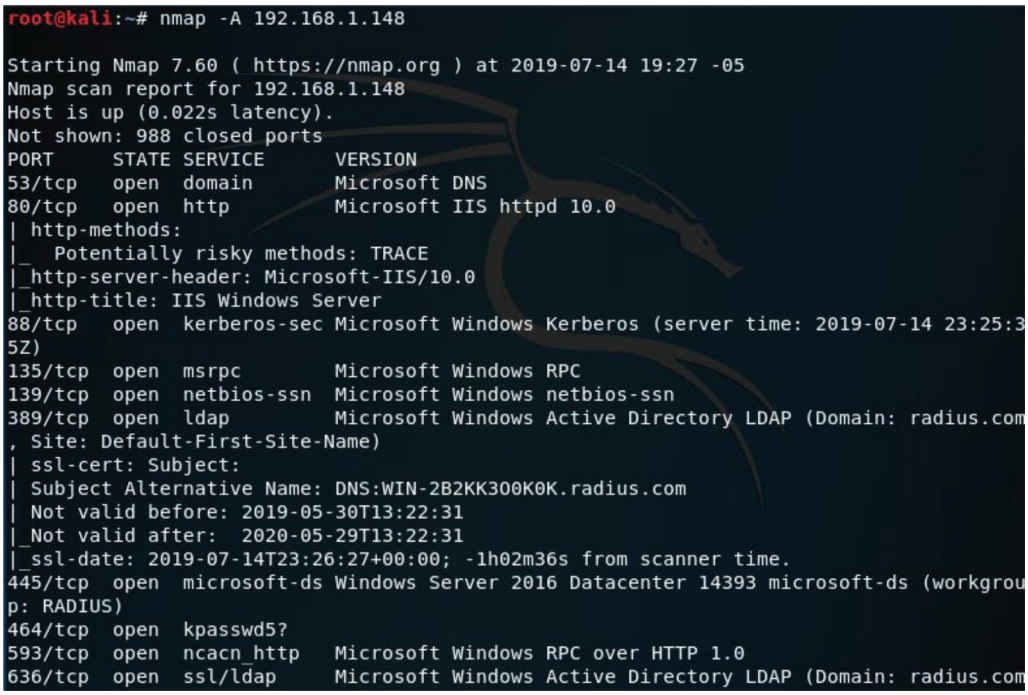


Figura 10 – Escaneo de puertos al servidor Windows

Después se buscó si había alguna puerta o ventana abierta en el servidor, y de esta manera poder entrar. Esta técnica es el proceso de recolectar información sobre el sistema para conocer más sobre su configuración y comportamiento; fue lo que se realizó en esta parte que es el escaneo de puertos lo más típico, donde se busca puertos abiertos para identificar qué hay detrás de los mismos (Figura 11).

Con toda la información recolectada se procedio a realizar un exploit al puerto 445. Para esto. se procedio a utilizar el comando *search windows/smb/ms*, tal como se ve en la captura de Figura 12.

```
root@kali:~# nmap -sV --script=banner 192.168.1.148

Starting Nmap 7.60 ( https://nmap.org ) at 2019-07-14 19:23 -05
Nmap scan report for 192.168.1.148
Host is up (1.0s latency).
Not shown: 988 closed ports
PORT     STATE SERVICE      VERSION
53/tcp   open  domain       Microsoft DNS
80/tcp   open  http         Microsoft IIS httpd 10.0
|_http-server-header: Microsoft-IIS/10.0
88/tcp   open  kerberos-sec Microsoft Windows Kerberos (server time: 2019-07-14 23:21:3
4Z)
135/tcp  open  msrpc        Microsoft Windows RPC
139/tcp  open  netbios-ssn  Microsoft Windows netbios-ssn
389/tcp  open  ldap         Microsoft Windows Active Directory LDAP (Domain: radius.com
, Site: Default-First-Site-Name)
445/tcp  open  microsoft-ds Microsoft Windows Server 2008 R2 - 2012 microsoft-ds (workg
roup: RADIUS)
464/tcp  open  kpasswd5?
593/tcp  open  ncacn_http   Microsoft Windows RPC over HTTP 1.0
|_banner: ncacn_http/1.0
636/tcp  open  ssl/ldap     Microsoft Windows Active Directory LDAP (Domain: radius.com
, Site: Default-First-Site-Name)
3268/tcp open  ldap         Microsoft Windows Active Directory LDAP (Domain: radius.com
, Site: Default-First-Site-Name)
3269/tcp open  ssl          Microsoft SChannel TLS
| fingerprint-strings:
|   TLSSessionReq:
|     com1
|     radius1"0
|     radius-WIN-2B2KK3O0K0K-CA0
```

Figura 11 – Puertos abiertos y servicios en servidor Windows

```
msf > search windows/smb/ms

Matching Modules
================

   Name                                                    Disclos
Rank       Description
   ----                                                    -------
----       -----------
   auxiliary/dos/windows/smb/ms05_047_pnp
normal     Microsoft Plug and Play Service Registry Overflow
   auxiliary/dos/windows/smb/ms06_035_mailslot             2006-0
normal     Microsoft SRV.SYS Mailslot Write Corruption
   auxiliary/dos/windows/smb/ms06_063_trans
normal     Microsoft SRV.SYS Pipe Transaction No Null
   auxiliary/dos/windows/smb/ms09_001_write
normal     Microsoft SRV.SYS WriteAndX Invalid DataOffset
   auxiliary/dos/windows/smb/ms09_050_smb2_negotiate_pidhigh
normal     Microsoft SRV2.SYS SMB Negotiate ProcessID Function Table D
   auxiliary/dos/windows/smb/ms09_050_smb2_session_logoff
```

Figura 12 – Aplicación de Metasploit en servidor Windows

Una vez buscado los diferentes comandos, se usó el parámetro *windows/smb/ms08_067_netapi* y se definio la opcion requerida en este caso *payload* y después *show options*, para ver las diferentes opciones sobre un exploit en el sistema (Figura 13).

```
msf > use windows/smb/ms08_067_netapi
msf exploit(windows/smb/ms08_067_netapi) > set payload windows/meterpreter/rever
[-] The value specified for payload is not valid.
msf exploit(windows/smb/ms08_067_netapi) > set payload windows/meterpreter/rever
payload => windows/meterpreter/reverse_tcp
msf exploit(windows/smb/ms08_067_netapi) > show options

Module options (exploit/windows/smb/ms08_067_netapi):

   Name     Current Setting  Required  Description
   ----     ---------------  --------  -----------
   RHOST                     yes       The target address
   RPORT    445              yes       The SMB service port (TCP)
   SMBPIPE  BROWSER          yes       The pipe name to use (BROWSER, SRVSVC)


Payload options (windows/meterpreter/reverse_tcp):
   Name      Current Setting  Required  Description
   ----      ---------------  --------  -----------
   EXITFUNC  thread           yes       Exit technique (Accepted: '', seh, threa
 none)
   LHOST                      yes       The listen address
   LPORT     4444             yes       The listen port
```

Figura 13 – Resultado del comando set payload windows/meterpreter/reverse

Después se utilizaron los comandos *set rhost 192.168.1.148* y *lhost 192.168.1.148* y se aplicó el exploit, aunque al final no se pudo iniciar la sesión (Figura 14).

```
msf exploit(windows/smb/ms08_067_netapi) > set rhost 192.168.1.148
rhost => 192.168.1.148
msf exploit(windows/smb/ms08_067_netapi) > set lhost 192.168.1.148
lhost => 192.168.1.148
msf exploit(windows/smb/ms08_067_netapi) > exploit

[-] Handler failed to bind to 192.168.1.148:4444:-  -
[*] Started reverse TCP handler on 0.0.0.0:4444
[*] 192.168.1.148:445 - Automatically detecting the target...
[*] 192.168.1.148:445 - Fingerprint: Windows 2016 -  - lang:Unknown
[*] 192.168.1.148:445 - We could not detect the language pack, defaulting to
[-] 192.168.1.148:445 - Exploit aborted due to failure: no-target: No matchin
[*] Exploit completed, but no session was created.
```

Figura 14 – Ejecución del exploit

Posteriormente se realizó una prueba entre dos máquinas conectadas cómo clientes una con la dirección 192.168.1.147 con el sistema operativo Windows 10, y otra con la dirección 192.168.1.145 y el sistema Ubuntu. Ambas tenían instalados los certificados de autenticación, cliente y servidor, generados por el servidor RADIUS.

En la Figura 15 se puede ver que en el equipo con Windows 10 presenta los puertos abiertos como son: 135/tcp, 139/tcp, 445/tcp, 1433/tcp, dando opción a un atacante a ser un exploit; mientras que en la otra máquina cliente muestra los puertos cerrados y solo uno abierto.

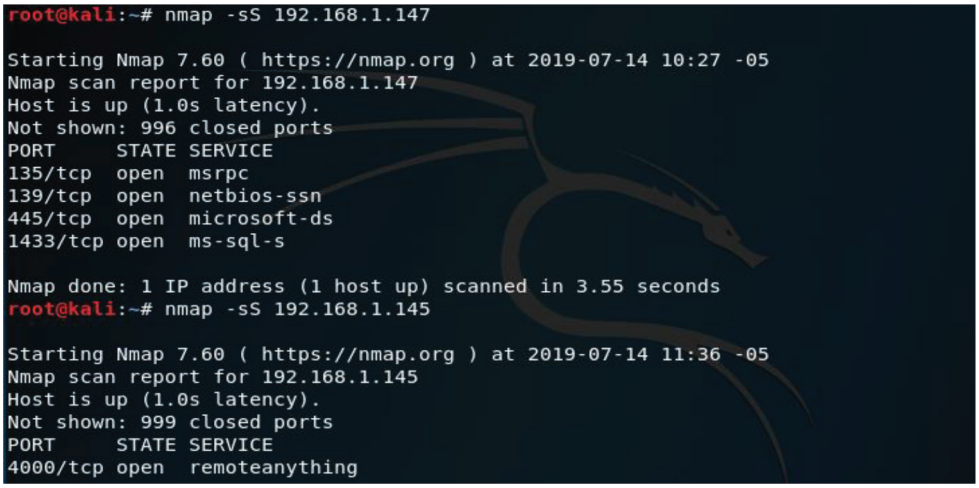


Figura 15 – Diferencias de puertos abiertos y cerrados en Windows 10 y Ubuntu

En la Tabla 4 se resumen los resultados obtenidos del escaneo de puertos, tanto a nivel de servidores como de clientes. De acuerdo a los datos de la tabla, la implementación de RADUIS en Windows Server presentó más vulnerabilidades en comparación a Ubuntu Server. Por otra parte, no hubo diferencia en los clientes que se autenticaron respecto a la implementación, aunque si se encontraron más puertos abiertos en el cliente Windows en comparación con el cliente GNU/Linux.

Equipo	**Puertos abiertos encontrados**	
	Implementacion 1 (Ubuntu Server)	**Implementacion 2 (Windows Server)**
Servidor	1	12
Cliente Windows	4	4
Cliente Linux	1	1

Tabla 4 – Puertos abiertos encontrados en las pruebas

Una vez realizada la evaluación en los dos Sistemas Operativos es importante destacar que existe una gran complejidad en la configuración del servidor RADIUS realizada en el sistema operativo Ubuntu, considerando que la generación de los certificados del protocolo SSL/TLS proporcionan una mayor seguridad, versus una máquina que no contenga los certificado pertinentes. Así mismo se realizó la implementación del servidor RADIUS en Windows Server, destacando que su configuración es mucho más sencilla, así mismo se generaron los certificados y fueron instalados en Windows 10; al momento de realizar un escaneo de puertos abiertos se pudieron visualizar un sin número. Además se efectuó la prueba en otro máquina con sistema operativo Ubuntu la misma que no muestra los puertos abierto pero más sin embargo no están filtrados.

Los resultados obtenidos demuestran que una adecuada configuración del protocolo SSL/TLS, al ser utilizados para procesos de autenticación, permiten conseguir un nivel de seguridad bastante alto. De acuerdo a los resultados obtenidos, la configuración de los certificados en un sistema operativo tipo GNU/Linux, como Ubuntu, permite conseguir mejor seguridad que en uno de tipo MS Windows. Sin embargo, el hecho de utilizar estos protocolos con el servicio RADIUS no implica que se tenga una seguridad al cien por ciento, ya que todo depende de la configuración que se realice (Brenza, Pawlowski, & Pöpper, 2015).

Cabe indicar que existen otras posibilidades de protocolos o mecanismos en los sistemas GNU/Linux que pueden utilizarse en un servidor RADUIS, para proveer seguridad al momento de la autenticación, como por ejemplo lo que proponen Andjarwirawan, Palit, & Salim (2017).

Sin embargo, también se evidencia que SSL/TLS no es totalmente confiable. En este sentido es bueno tomar en cuenta las recomendaciones hechas por varios investigadores, como por ejemplo Gilden & Paršovs (2016) o Simos et al. (2016).

4. Conclusiones

El servidor RADIUS proporciona una alternativa de seguridad tanto para las redes locales como para las empresas. Sin embargo, la protección y buen funcionamiento de este servicio depende de su implementación. A pesar de ser un método seguro y confiable, cada cierto tiempo se detectan nuevas vulnerabilidades que deben ser tomadas en cuenta para hacer la configuración del servidor más robusta y ofrecer mayor seguridad a los usuarios. Además, durante la implementación del RADIUS es necesario hacer pruebas locales de funcionamiento, para así evitar errores posteriores.

La creación de los certificados de autorización fue primordial en la configuración del servidor FreeRadius, puesto que proporcionan mayor seguridad al momento de realizar una autenticación con el protocolo SSL/TLS. Es muy importante no utilizar certificados autogenerados, ya que pueden ocasionar una vulnerabilidad en la red, al tener una configuración estándar.

La implementación y su respectiva configuración en ambas sistemas operativos (Ubuntu y Windows Server) arrojo como resultados que la seguridad predomina en sistema

GNU/Linux, tanto a nivel del servidor como de las maquinas clientes, siempre y cuando tenga los respectivos certificados generados por el servidor RADIUS. Por otro lado, este nivel de seguridad no se evidencia en Windows Server, puesto que la herramienta Nmap detectó varios de puertos abiertos.

Las herramientas que existen actualmente en el mercado contribuyen a los administradores de los sistemas informáticos a indagar el riesgo al que están expuestos los sistemas, además de facilitar la detección de vulnerabilidades a tiempo. En esta investigación, la herramienta Metasploit permitió aplicar varias técnicas de fingerprinting para saber más sobre las características del Sistema Operativo, además de realizar varios ataques para intentar burlar la seguridad del servidor. Sin embargo, todos los intentos de ataque fueron rechazados por el Servidor RADIUS, aunque las vulnerabilidades siguieron activas.

Referencias

Andjarwirawan, J., Palit, H. N., & Salim, J. C. (2017). Linux PAM to LDAP Authentication Migration. In 2017 International Conference on Soft Computing, Intelligent System and Information Technology (ICSIIT) (Vol. 2018–Janua, pp. 155–159). IEEE. http://doi.org/10.1109/ICSIIT.2017.66

Brenza, S., Pawlowski, A., & Pöpper, C. (2015). A practical investigation of identity theft vulnerabilities in Eduroam. In Proceedings of the 8th ACM Conference on Security & Privacy in Wireless and Mobile Networks - WiSec '15 (pp. 1–11). New York, New York, USA: ACM Press. http://doi.org/10.1145/2766498.2766512

Cristescu, G., Croitoru, V., y Sorici, V. (2016). Implementing an AAA-RADIUS Solution Based on Legacy Authentication Protocols. In 2016 12o Simposio Internacional de Electrónica y Telecomunicaciones. https://doi.org/DOI: 10.1109 / ISETC.2016.7781061

Feng, J. (2009). Analysis, implementation and extensions of RADIUS protocol. In 2009 International Conference on Networking and Digital Society (Vol. 1, pp. 154-157). IEEE.

Gilden, K., & Paršovs, A (2016). SSL Server Rating Guide for TLS Client Certificate Authentication.

González Paz, A., Beltrán Casanova, D., & Fuentes Gari, E. R. (2016). Propuesta de protocolos de seguridad para la red inalámbrica local de la Universidad de Cienfuegos. Revista Universidad y Sociedad, 8(4), 130-137.

Gunawan, D., Sitorus, E., Rahmat, R., y Hizriadi, A. (2017). SSL/TLS Vulnerability Detection Using Black Box Approach. 2nd International Conference on Computing and Applied Informatics 2017, 1. https://doi.org/doi :10.1088/1742-6596/978/1/012121

Kambourakis, G., Rouskas, A., Kormentzas, G., & Gritzalis, S. (2004). Advanced SSL/TLS-based authentication for secure WLAN-3G interworking. IEE Proceedings-Communications, 151(5), 501-506.

Lyon, G. (2019). Nmap: the Network Mapper - Free Security Scanner [En línea]. Available: http://nmap. org/.[Último acceso: 9 agosto 2019].

Maslov, A. E., Katuntsev, S. L., & Maliavko, A. A. (2017). Study and implementation of authentication mechanism by RADIUS-server in switches and routers using NETCONF protocol. In 2017 18th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM) (Vol. 1, pp. 111–114). IEEE. http://doi.org/10.1109/EDM.2017.7981721

Rapid7 LLC. (2019). Metasploit – Penetration Testing Software, Pen Testing Security [En línea]. Available: https://www.metasploit.com/.[Último acceso: 9 agosto 2019].

Simos, D. E., Kleine, K., Voyiatzis, A. G., Kuhn, R., & Kacker, R. (2016). Tls cipher suites recommendations: A combinatorial coverage measurement approach. In 2016 IEEE International Conference on Software Quality, Reliability and Security (QRS) (pp. 69-73). IEEE.

Sivakorn, S., Argyros, G., Pei, K., Keromytis, A. D., & Jana, S. (2017). HVLearn: Automated black-box analysis of hostname verification in SSL/TLS implementations. In 2017 IEEE Symposium on Security and Privacy (SP) (pp. 521-538). IEEE.

Toapanta, M., Mafla, E., & Orizaga, A. (2017). Adequate Security Protocols Adopt in a Conceptual Model in Identity Management for the Civil Registry of Ecuador. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 225(1), 012087. http://doi.org/10.1088/1757-899X/225/1/012087

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

Recebido/Submission: 26/12/2019
Aceitação/Acceptance: 04/02/2020

Usabilidad en sitios web oficiales de las universidades del Ecuador

Jorge Pincay Ponce[1, 2], Vanessa Caicedo Ávila[1], Jorge Herrera-Tapia[1], Wilian Delgado Muentes[1], Pedro Delgado Franco[1].

jorge.pincay@uleam.edu.ec, vaneco27a@gmail.com, jorge.herrera@uleam.edu.ec, wilian.delgado@uleam.edu.ec, pedro.delgado@uleam.edu.ec

[1] Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, EC130850, Manta, Ecuador.

[2] Universidad Nacional de la Plata, 1900, La Plata, Argentina.

Pages: 106–119

Resumen: Los sitios web son un componente clave en las organizaciones del competitivo y globalizado mundo actual, paralelamente su usabilidad se reviste de importancia en términos de satisfacer las necesidades y expectativas de sus usuarios. En este escenario se encuentran las universidades, de cuyos sitios web se espera que cubran diversas necesidades de información para los estudiantes, profesores, personal y exalumnos, que se forman o formaron en ellas. En esta investigación se presenta una evaluación heurística multicriterio basado en la norma ISO 9241-151, donde se valora la ergonomía de la interacción hombre-sistema, de las interfaces de usuario web en función de los criterios de diseño, presentación, búsqueda, diseño de contenido y navegación; que se aplicaron en la construcción de estos sitios de las 59 universidades de Ecuador. Finalmente, se discuten las recomendaciones para el diseño de estos sitios y se reflexiona sobre los problemas detectados en las pruebas de usabilidad.

Palabras-clave: ISO 9241-151, HCI, evaluación heurística, sitios web.

Usability in official websites of the universities of Ecuador.

Abstract: Websites are a key component in the organizations of today's competitive and globalized world, at the same time their usability is important in terms of meeting the needs and expectations of their users. In this scenario are the universities, whose websites are expected to cover various information needs for students, teachers, staff and alumni, who are trained or trained in them. This research presents a multicriteria heuristic evaluation based on the ISO 9241-151 standard, where the ergonomics of the man-system interaction, of the web user interfaces according to the criteria of design, presentation, search, design of content and navigation; that were applied in the construction of these sites of the 59 universities in Ecuador. Finally, the recommendations for the design of these sites are discussed and the problems detected in the usability tests are discussed.

Keywords: ISO 9241-151, HCI, heuristic evaluation, websites.

1. Introducción

Los sitios web de las universidades tienen como objetivo, proporcionar información y servicios actualizados a los estudiantes, profesores, administradores y otros usuarios de manera eficiente. Infortunadamente, el diseño del sitio web es a menudo impulsado por la tecnología, la estructura organizacional u objetivos de negocios, más que por su usabilidad desde la perspectiva de los usuarios de los sitios web universitarios (Jabar et al., 2013).

Respecto al término Usabilidad, se considera que este tiene su origen en el trabajo "Usability, engineering: our experience and evolution" de (Whiteside, Bennett, & Holtzblatt, 1988), años después en el 2001 la ISO definió a la usabilidad como "… la capacidad de un software de ser comprendido, aprendido, usado y ser atractivo para el usuario, en condiciones específicas de uso" (ISO, 2001).

Este trabajo se centra en las condiciones de uso, contexto en el cual un método bastante difundido y aceptado para detectar problemas de usabilidad es la evaluación heurística, en la cual los evaluadores emplean un conjunto de heurísticas de usabilidad como guía (Lilliam, Cancio, Mercedes, & Bergues, 2013, p. 177); sin embargo, formar evaluadores heurísticos puede ser una tarea desafiante (Rusu et al., 2016).

En Ecuador, sólo desde años recientes se han desarrollado investigaciones heurísticas sobre la usabilidad de portales universitarios, aunque en tales investigaciones no se ha abordado el número total de las universidades (Chamba-Eras, Coronel-Romero, & Labanda, 2016); esto ocasiona que en el país se tenga escazas medidas cuantitativas para la eventual toma de decisiones, lo cual también tiene relación con estudios de alcance internacional como el informe University Websites presentado por Nielsen Norman Group en 2016, que afirma que la mayoría de los sitios web universitarios se ubican muy por debajo de los niveles de usabilidad esperados en la Internet de hoy (Nielsen Norman Group, 2016); aunque es de reconocer que otros estudios de alcance nacional, consideran que las universidades prestan considerable atención al uso de sitios web para mejorar el proceso educativo, a través de la entrega de información importante (Benaida & Namoun, 2018).

Por lo general, los criterios de usabilidad son desconocidos para la mayoría de los desarrolladores de software, lo que afecta negativamente la experiencia de los usuarios. (Manzoor, Hussain, Sohaib, Hussain, & Alkhalaf, 2018). El presente estudio se centra en la norma ISO 9241-151:2008, misma que fue preparada por el Comité Técnico (TC) 159, Subcomité (SC) 4 de la ISO, y que se refiere a la ergonomía de la interacción humano – sistema; entre otros objetivos el estándar pretende impulsar a la usabilidad como un factor clave en el diseño exitoso de los sitios web mediante tecnologías de diseño web, que permitan construir interfaces que conduzcan a pocos errores y que sean fáciles de aprender, recordar y usar (ISO, 2008); además, las principales preocupaciones de la usabilidad son la eficiencia, eficacia y satisfacción, pues un sitio web deficiente conduce a menos visitas y satisfacción de los usuarios (Benaida & Namoun, 2018).

El propósito de este documento es evaluar la usabilidad de los sitios Web de las Universidades del Ecuador, utilizando el método heurístico basado en la norma ISO 9241 - 151. La norma está compuesta por 133 indicadores organizados en cinco criterios:

navegación (NAV), diseño general (DG), diseño de contenidos (DC), búsqueda (BUSQ) y presentación (PRE).

2. Materiales y métodos

En esta investigación realizada entre los meses de agosto a diciembre de 2018, de tipo aplicada y con un abordaje metodológico cuantitativo y cualitativo en la interpretación de los resultados, se siguieron los siguientes pasos:

1. Se obtuvo las direcciones URL de los 59 sitios web oficiales de las Universidades de Ecuador.
2. Para facilitar la aplicación de la norma, se estructuró una lista de verificación (checklist) para registrar la valoración manual de 109 de los 133 indicadores de la norma, es decir se descartaron veinticuatro criterios en el checklist, porque para su valoración era necesario crear o disponer de una cuenta de usuario institucional, entre ellos estaban criterios de si se permite al usuario controlar información personal, perfiles de usuario generados automáticamente, entre otros.
3. Luego, para la aplicación y valoración del estándar, se seleccionó una media de ocho páginas por cada sitio web, cuyo acceso fuera posible desde la página principal, dando un total de 472 páginas web evaluadas y 60416 valoraciones de indicadores. Para cada indicador se ingresó una calificación heurística (manual) según la siguiente escala: -2 no se cumple con el indicador, -1 No se cumple totalmente, 0 No es relevante, 1 se cumple parcialmente y 2 si se cumple el indicador.

3. Resultados

A continuación, en las tablas del 2 al 5 se muestran los resultados del cumplimiento de cada sitio web respecto a los criterios de Navegación (NAV), Diseño general (DG), Diseño de contenidos (DC), Búsqueda (BUSQ), Presentación (PRE) y la valoración total (TOT) de la usabilidad de las universidades acreditadas y categorizadas hasta 2016 por el Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CEAACES), actual Consejo de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CACES). Dado que el número de indicadores en cada criterio de la norma es distinto, se ha ajustado la escala de valoración en cada criterio a un rango de -100 a +100.

UNIVERSIDAD	NAV	DG	DC	BUSQ	PRE	TOT
Escuela Politécnica Nacional	98,4	91,7	63,2	7,1	78,9	74,1
Escuela Superior Politécnica del Litoral	96,8	87,5	60,5	7,1	80,3	73,2
De Cuenca	96,8	50,0	57,9	60,7	75,0	73,7
De las Fuerzas Armadas - ESPE	96,8	66,7	50,0	-82,1	69,7	54,8
San Francisco de Quito	100,0	66,7	68,4	78,6	76,3	80,7
De Especialidades Espíritu Santo	90,3	45,8	57,9	-67,9	72,4	54,8

Tabla 1 – Valoración de los sitios web de las universidades de Ecuador, categoría A.

UNIVERSIDAD	NAV	DG	DC	BUSQ	PRE	TOT
Politécnica de Chimborazo	80,6	58,3	42,1	50,0	76,3	66,7
Católica del Ecuador	95,2	62,5	55,3	-25,0	59,2	58,3
Casa Grande	82,3	58,3	57,9	46,4	73,7	68,4
Católica de Cuenca	98,4	66,7	57,9	21,4	72,4	70,2
Católica de Santiago de Guayaquil	90,3	66,7	55,3	-82,1	71,1	54,4
Central del Ecuador	56,5	29,2	36,8	-92,9	63,2	34,2
De Guayaquil	90,3	62,5	42,1	7,1	75,0	64,0
De las Américas	85,5	66,7	50,0	7,1	71,1	63,2
Del Azuay	91,9	70,8	60,5	21,4	77,6	71,1
De los Hemisferios	82,3	54,2	57,9	-92,9	65,8	48,2
Estatal Amazónica	85,5	50,0	47,4	50,0	73,7	67,1
Estatal de Milagro	88,7	58,3	50,0	64,3	68,4	69,3
Iberoamericana del Ecuador	82,3	54,2	36,8	-92,9	59,2	42,5
Internacional del Ecuador	80,6	62,5	60,5	-92,9	65,8	49,1
Internacional SEK Ecuador	69,4	54,2	55,3	7,1	61,8	55,3
Nacional de Loja	93,5	66,7	50,0	78,6	71,1	74,1
Politécnica Estatal del Carchi	67,7	58,3	47,4	-92,9	65,8	43,0
Politécnica Salesiana	79,0	75,0	47,4	35,7	82,9	69,3
Técnica de Ambato	59,7	54,2	52,6	-92,9	73,7	43,9
Técnica del Norte	91,9	41,7	47,4	-7,1	60,5	56,6
Técnica de Machala	74,2	45,8	39,5	21,4	73,7	58,8
Técnica de Manabí	71,0	29,2	44,7	60,7	68,4	60,1
Técnica Estatal de Quevedo	83,9	29,2	50,0	-92,9	60,5	43,0
Técnica Particular de Loja	77,4	79,2	50,0	3,6	77,6	64,0
Tecnológica Empresarial de Guayaquil	83,9	62,5	47,4	7,1	61,8	58,8
Tecnológica Equinoccial	71,0	41,7	36,8	-92,9	63,2	39,5
Tecnológica Indoamérica	62,9	45,8	34,2	-92,9	53,9	34,2

Tabla 2 – Valoración de los sitios web de las universidades de Ecuador, categoría B.

UNIVERSIDAD	NAV	DG	DC	BUSQ	PRE	TOT
Laica Eloy Alfaro de Manabí	79,0	45,8	47,4	7,1	61,8	55,7
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí	64,5	37,5	42,1	46,4	68,4	57,0
Agraria del Ecuador	62,9	41,7	44,7	35,7	61,8	53,9
De Especialidades Turísticas	45,2	20,8	26,3	-92,9	59,2	27,2
Del Pacífico	74,2	54,2	44,7	64,3	60,5	61,4

UNIVERSIDAD	NAV	DG	DC	BUSQ	PRE	TOT
De Otavalo	67,7	54,2	47,4	64,3	67,1	62,3
Estatal de Bolívar	72,6	50,0	44,7	60,7	55,3	58,3
Estatal del Sur de Manabí	85,5	54,2	44,7	-92,9	59,2	44,7
Estatal Península de Santa Elena	79,0	45,8	39,5	-92,9	64,5	43,0
Laica Vicente Rocafuerte	82,3	37,5	36,8	21,4	64,5	56,6
Metropolitana	77,4	75,0	36,8	-92,9	60,5	43,9
Nacional de Chimborazo	72,6	70,8	44,7	50,0	55,3	59,2
Regional Autónoma de los Andes	72,6	25,0	42,1	7,1	55,3	48,7
San Gregorio de Portoviejo	75,8	75,0	47,4	7,1	69,7	60,5
Tecnológica de Babahoyo	75,8	58,3	44,7	7,1	61,8	55,7
Tecnológica de Cotopaxi	93,5	50,0	71,1	35,7	72,4	71,1
Tecnológica Israel	72,6	66,7	57,9	7,1	75,0	62,3
Tecnológica Luis Vargas Torres	67,7	37,5	36,8	-92,9	68,4	39,9
Tecnológica TECOTEC	71,0	41,7	39,5	-92,9	64,5	40,4

Tabla 3 – Valoración de los sitios web de las universidades de Ecuador, categoría C.

UNIVERSIDAD	NAV	DG	DC	BUSQ	PRE	TOT
Facultad Latinoamericana de CC. SS	83,9	58,3	57,9	78,6	85,5	76,8
Andina Simón Bolívar	91,9	70,8	57,9	7,1	71,1	66,7
Yachay Tech	85,5	66,7	55,3	0,0	72,4	63,6
Instituto de Altos Estudios Nacionales	90,3	54,2	47,4	7,1	78,9	65,4
De las Artes	95,2	54,2	50,0	-92,9	64,5	50,0
Nacional de Educación	85,5	45,8	50,0	-92,9	68,4	47,8
Regional Amazónica “IKIAM”	91,9	58,3	52,6	-92,9	80,3	55,3

Tabla 4 – Valoración de los sitios web de las denominadas universidades nuevas de Ecuador.

En las tablas del 1 al 4 también se aprecian unas diferencias significativas entre las calificaciones globales de usabilidad de los sitios universitarios y la categoría a la que pertenecen de acuerdo con el CACES, esto probablemente no constituye un factor determinante para la usabilidad de sus sitios web, pero es un aspecto para destacar.

- 4 de 6 universidades de categoría A, es decir, aproximadamente el 67% alcanza una valoración global de usabilidad superior a 70/100.
- 3 de 27 universidades de categoría B, es decir, aproximadamente el 11% alcanza una valoración global de usabilidad superior a 70/100.
- 1 de 19 universidades de categoría C, es decir, aproximadamente el 5% alcanza una valoración global de usabilidad superior a 70/100.

- 1 de 7 universidades nuevas, es decir, aproximadamente el 11% alcanza una valoración global de usabilidad superior a 70/100.

Si bien, en este estudio no se distinguió entre universidades privadas o públicas, es de resaltar que la valoración global más alta fue de 80,7/100 y corresponde a la Universidad Particular San Francisco de Quito, ubicada en categoría A.

Las figuras 1 y 2 resumen las tablas precedentes según los criterios de usabilidad valorados para cada sitio web de las universidades de Ecuador, en las figuras se ha empleado una puntuación comprendida entre -100 a +100 unificada para todos los casos, mediante la aplicación de regla de tres simple, pues la cantidad de indicadores por criterios de la norma ISO es diferente. Nótese que las universidades nuevas tuvieron una valoración de -26.5 en el criterio de búsqueda, eso significa que tuvo valoraciones de -1 y -2 en varios indicadores, por eso la suma de la valoración total es negativa. Luego, las tablas de la 6 a la 8 muestran los primeros indicadores en mayor ocurrencia según las valoraciones -2, 1 y 2.

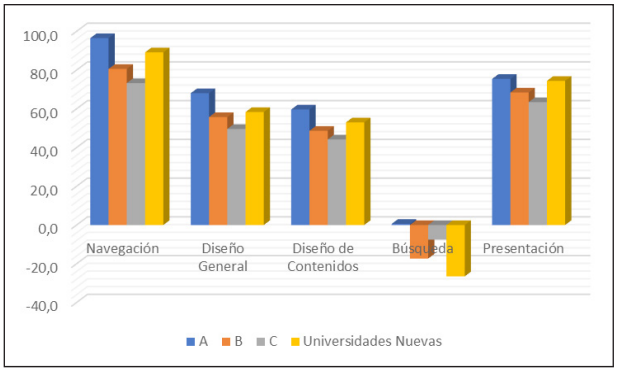


Figura 1 – Puntuación en el rango de -100 a 100 de cada criterio de usabilidad, según resultados obtenidos en cada sitio web

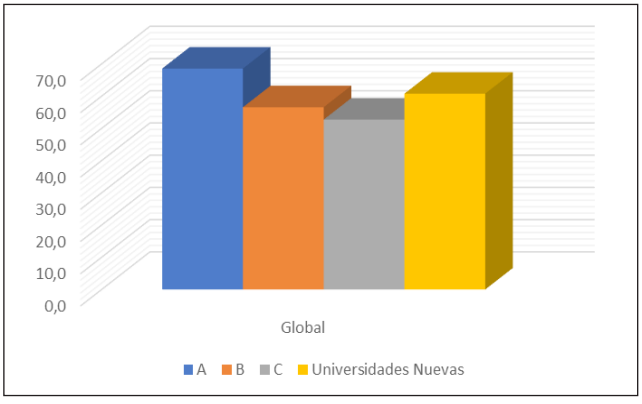


Figura 2 – Resultado global de usabilidad obtenido de cada categoría de las universidades ecuatorianas

N.º	Criterio - Indicadores	Cant
1	8.5.2.8 Se proporciona el tamaño del campo de búsqueda	59
2	9.6.1 Legibilidad de texto	59
3	7.2.8.4 Se aclara si existe almacenamiento de información en la máquina del usuario	57
4	9.6.6 Se permite que el texto se pueda redimensionar por parte del usuario	56
5	7.2.8.1 Se proporciona una declaración sobre la política de privacidad	54
6	8.5.2.4 Se proporciona una búsqueda avanzada (incluye una búsqueda simple)	53
7	8.5.3.4 Se permite ordenar o filtrar los resultados de búsqueda	44
8	8.5.4.2 Se permite seleccionar el alcance de una búsqueda.	44
9	8.5.5.3 Se permite redefinir la búsqueda	43
10	8.5.3.1 Se permite ordenar los resultados de la búsqueda	42
11	10.1.5 Se diseña la presentación de texto en diferentes idiomas	41
12	9.5.3 Se proporciona atajos de teclado	32
13	8.5.2.9 Acceso directo a la función de búsqueda	26
14	10.3.2 Se proveen mensajes de error claros	25
15	8.5.2.5 Se permite búsqueda de texto completo (entre comillas)	22
16	8.5.5.2 Se permite repetición de búsquedas	22
17	8.5.3.2 Se clasifican los resultados de la búsqueda de acuerdo con su relevancia	21
18	8.5.3.3 Se proporciona descripción de los resultados.	21
19	8.5.2.3 Se proporciona una función de búsqueda simple	18
20	9.3.14 Usa técnicas apropiadas para definir el Layout de una página.	14
21	8.4.8 Se provee un mapa del sitio	12
22	8.4.10 Se hacen enlaces de navegación dinámicos obvios	10
23	8.4.12 Se permite volver a niveles más altos (de navegación)	9

Tabla 4 – Valoración de los sitios web de las denominadas universidades nuevas de Ecuador.

Como se demuestra en la tabla anterior, el 100% de los sitios web evaluados de las universidades de Ecuador no proporcionan el tamaño del campo de búsqueda que oriente sobre la cantidad de texto que se pueda buscar, por tanto, fueron valorados con -2 en el indicador 8.5.2.8; además, el 72% de los sitios evaluados no permiten redefinir una búsqueda por lo que se los valoró con -2 en el criterio 8.5.5.3; y, el 35% no permite clasificar los resultados de las búsquedas, de acuerdo con los criterios 8.5.3.2, 8.5.3.3 y 8.5.4.5. Es evidente que la mayoría de los sitios tiene problema para implementar convenientemente las funciones de búsqueda. Finalmente, en el 97% de los sitios no se indica de forma explícita el uso o no de cookies o afines y en un 95% no se proporciona una declaración sobre la política de privacidad; por tanto, los criterios 7.2.8.4 y 7.2.8.1 fueron valorados también con -2.

En cuanto a los indicadores valorados con -1, apenas 8 de 133 tuvo por lo menos una valoración, destacándose el 93% de las valoraciones en el criterio 9.4.10 referido a si se muestran enlaces marcados para abrir nuevas ventanas; además, el 15% no muestran marcado de enlaces a objetivos especiales en concordancia con el criterio 9.4.9; y el 6% no evita pantallas de bienvenida innecesarias de acuerdo con el criterio 8.3.10.1. Un mínimo porcentaje, pero que de todas formas merece que se le preste atención, es que el 3.38% de sitios, no da soporte a diferentes entornos de navegación, ni proporciona una versión impresa de la página, esto de acuerdo con las valoraciones de los criterios 8.2.3 y 9.3.16. Para cerrar este grupo de valoraciones, puede interpretarse de forma positiva, que apenas el 1.69% de sitios incumple con los criterios 8.2.2, 10.5 y 9.4.15, que se refieren a si los sitios muestran a los usuarios donde están, si los tiempos de descargas son aceptables y si se evitan sobrecargas de los enlaces de navegación.

N	Indicadores	Cant
1	9.4.8 Se destacan enlaces visitados previamente	59
2	9.4.5 Los enlaces son auto-descriptivos	45
3	9.5.1 Se elige objetos de interacción apropiados	45
4	10.10 Los objetos incrustados son utilizable y accesible	44
5	7.1.3 Se adecúa el contenido para grupo objetivo y el aspecto de las tareas	43
6	7.1.4 Completitud del contenido	42
7	9.3.14 Usa técnicas apropiadas para definir el layout de una página.	42
8	9.4.16 Título de páginas como marcadores	41
9	7.2.3.2 Proporcionar textos equivalentes para objetos multimedia que no sean de texto	40
10	7.2.7 Se acepta los comentarios de los usuarios en línea	40
11	8.2.3 Se da soporte a diferentes entornos de navegación	38
12	9.4.7 Usa etiquetas descriptivas para los enlaces	38
13	8.4.13 Se proporciona una función de “retroceso”, “volver”, “ir hacia atrás”	37
14	8.4.5 Se colocan componentes de navegación de manera consistente	36
15	8.2.5 Se minimiza el esfuerzo de navegación	35
16	7.2.5 Se pone a disposición la fecha y hora de la última actualización del sitio	34
17	10.5 Los tiempos de descarga son aceptables	32
18	8.4.14 Se subdividen páginas largas	31
19	7.1.2 Diseño del modelo conceptual	31
20	9.4.9 Marcado de enlaces a objetivos especiales	31
21	8.3.4 Se organiza la navegación de una manera significativa	30
22	10.2 Se provee ayuda	30
23	9.3.2 El diseño de las páginas es consistente	30
24	10.9 El diseño del sitio es independiente del dispositivo de entrada	29
25	9.3.6 Se selecciona apropiadamente las longitudes de página	29

Tabla 5 – Lista ordenada de los 9 indicadores con más valoraciones de 1.

A partir de la tabla anterior, en referencia al criterio 9.4.8 que determina si los sitios web destacan los enlaces visitados previamente, el 100% lo cumple parcialmente, es decir, en al menos un caso no se cumplió este criterio. Así mismo, en un 26% de los sitios se emplea la incrustación de objetos, pero no su soporte a la total interacción, yendo en contra del criterio 10.10. Respecto al criterio 8.2.3 este alcanza un 64.41%, lo que significa que en ese porcentaje de sitios se da soporte a diferentes entornos de navegación, al menos parcialmente. También se estima que en un 50.85% de sitios se organiza la navegación de una manera significativa, pero en poco más del 50% de los sitios, los tiempos de descarga no son óptimos, yendo en contra del criterio 10.5.

Nótese que un 32.2% de los sitios, por lo menos una vez no se ha proporcionado alternativas textuales a objetos multimedia, yendo en contra del criterio 7.2.3.2; así mismo, en el 35.59% de los sitios no se usan etiquetan de enlace descriptivas yendo en contra del criterio 9.4.7.

Respecto al criterio 7.2.7 que se refiere a si se aceptan los comentarios online de los usuarios, parcialmente se cumple en un 68% de sitios, pero no el restante 32%.

En cuanto a los indicadores valorados con 2, en el top 25 todos superan el 90% de valoraciones, el top está disponible en https://tinyurl.com/y74pvgc2. La mayoría de los indicadores del top corresponden al criterio de Navegación y entre estos estan el ofrecer rutas alternativas o redundantes de accesos, enlaces cruzados, ubicación del sitio web, reconocimiento de contenidos nuevos, visualización del estado del sistema (heurística de Nielsen), enlaces y controles distinguibles, identificación de objetos interactivos, buen scrolling vertical, se evitan pantallas de bienvenida innecesarias y enlaces caídos, entre otros...

La siguiente tabla resume de acuerdo con cada una universidad el top 25 de valoraciones -2, -1, 1 y 2 que recibieron.

	Univ	**-2**	**Univ**	**-1**	**Univ**	**1**	**Univ**	**2**
1	UCE	26	UCE	3	UDET	49	USFQ	94
2	UDET	26	UDLA	3	UTE	45	EPN	92
3	UTI	25	PUCE	2	ESPAM	45	ESPOL	89
4	UDLH	22	UCG	2	UTE-LVT	45	UCACUE	88
5	UNIBE	22	UCSG	2	UEB	43	FLACSO	88
6	UTA	22	UISEK	2	ECOTEC	43	UCUENCA	87
7	UPEC	21	UTA	2	UTI	40	UDA	87
8	UTEQ	21	UTN	2	UAE	40	UCG	83
9	UPSE	21	UTEG	2	UMET	40	UASB	83
10	UARTES	21	UPACIFICO	2	UNIANDES	40	UNL	82
11	UNAE	21	UEB	2	UTB	40	UTC	81
12	UTE	20	ULVR	2	UISEK	38	YACHAY	78
13	UNESUM	20	UMET	2	UO	37	UNEMI	77
14	ECOTEC	20	UNACH	2	UNACH	37	IAEN	77

	Univ	-2	Univ	-1	Univ	1	Univ	2
15	UESS	19	UTE-LVT	2	UPACIFICO	36	UDLA	76
16	UCSG	19	YACHAY	2	ULVR	35	UCSG	75
17	UIDE	19	IKIAM	2	UTM	34	UESS	74
18	UTE-LVT	19	ESPOL	1	UNIBE	33	IKIAM	74
19	ESPE	18	UCUENCA	1	UPEC	33	PUCE	72
20	UMET	18	ESPE	1	UNESUM	33	UEA	72
21	IKIAM	18	USFQ	1	UPSE	33	ESPE	71
22	UNIANDES	16	UESS	1	USGP	33	ESPOCH	71
23	PUCE	15	ESPOCH	1	ULEAM	32	UG	71
24	UTN	15	UCACUE	1	UTEQ	31	UPS	71
25	UTMACH	14	UG	1	UTEG	30	UARTES	69
26	ULEAM	14	UDA	1	UPS	29	UDLH	68
27	UAE	13	UDLH	1	UTPL	29	UTN	68
28	UASB	13	UEA	1	UISRAEL	29	UTMACH	68
29	YACHAY	13	UNEMI	1	ESPOCH	27	UTPL	68
30	UCACUE	12	UIDE	1	UCE	27	UISRAEL	67
31	UDLA	12	UNL	1	UIDE	27	UTEG	64
32	UISEK	12	UPEC	1	UEA	26	UNAE	64
33	UTEG	12	UPS	1	UG	25	USGP	63
34	ULVR	12	UTMACH	1	UTMACH	25	UTM	62
35	UTB	12	UTM	1	UTA	24	UIDE	61
36	IAEN	12	UTEQ	1	UTN	23	ULEAM	61
37	EPN	11	UTPL	1	UNAE	22	UPACIFICO	61
38	UCG	11	UTE	1	UNEMI	21	UO	61
39	UG	11	ULEAM	1	PUCE	19	UTA	60
40	UDA	11	ESPAM	1	ESPE	18	ULVR	59
41	UTM	11	UAE	1	UNL	18	UNACH	59
42	USGP	11	UDET	1	IAEN	18	UISEK	56
43	UISRAEL	11	UO	1	UDLA	17	UTB	55
44	ESPOL	10	UNESUM	1	UDLH	17	UTEQ	54
45	UTPL	10	UPSE	1	UTC	17	UAE	54
46	ESPAM	10	UNIANDES	1	UARTES	17	UEB	54
47	UNACH	10	USGP	1	YACHAY	15	UNESUM	54
48	UCUENCA	9	UTB	1	UESS	14	UNIBE	53
49	ESPOCH	9	UTC	1	IKIAM	14	UPEC	53
50	UEA	9	UISRAEL	1	UCG	12	UPSE	53
51	UNEMI	9	ECOTEC	1	UCSG	12	UCE	52

	Univ	-2	Univ	-1	Univ	1	Univ	2
52	UPACIFICO	9	FLACSO	1	FLACSO	12	ESPAM	52
53	UO	9	UASB	1	UCUENCA	11	UNIANDES	51
54	UEB	9	IAEN	1	UASB	11	UMET	48
55	UTC	9	UARTES	1	UDA	9	ECOTEC	44
56	UNL	7	UNAE	1	ESPOL	8	UTI	43
57	UPS	7	EPN	0	USFQ	7	UTE	42
58	FLACSO	7	UNIBE	0	UCACUE	7	UTE-LVT	42
59	USFQ	6	UTI	0	EPN	5	UDET	32

Tabla 6 – Frecuencia de valoraciones -2, -1, 1 y 2 de cada Universidad (Univ) estudiada

4. Discusiones

Pese a la vigencia del estándar ISO 9241-151 desde el año 2008, aún no hay protocolos claros para la validación de las heurísticas por lo que su desarrollo en el campo de la usabilidad está por formalizarse, sin embargo estas herramientas son útiles en evaluaciones de usabilidad que resulta una condición necesaria para la supervivencia en internet y la retención de usuarios web (Aldwyn, 2011).

Según (Manzoor et al., 2018), que en 2018 estudió la usabilidad de 86 sitios web de universidades de Canadá (26), Estados Unidos (30) y Europa (30), los criterios para evaluar los sitios web de las universidades son muy superficiales y desconocidos para la mayoría de los desarrolladores, lo que afecta negativamente la ergonomía de la interacción humano – sistema. Tal realidad tiene relación con los resultados de este estudio donde principalmente se encontraron falencias en los criterios de búsqueda y diseño de contenidos en los sitios web.

Algunos estudios afirman que si el diseño del sitio web es simple y fácil, es más probable que los usuarios lo utilicen, aunque no siempre sea una herramienta exitosa o utilizable para los usuarios (Ballard, 2010; Kim, 2011). En el presente estudio el diseño de contenidos alcanza el 58/100 en las universidades y el diseño general se acerca al 65/100, valores cercanos entre sí.

Según (Hasan, 2014) la facilidad de uso influye en la usabilidad de los sitios web educativos desde el punto de vista de los alumnos, lo cual no se cuestiona; sin embargo un sitio web universitario brinda servicios a otros actores académicos, empleados, graduados e incluso otras instituciones; por lo tanto, el sitio web de cualquier universidad debería ser utilizable para satisfacer las necesidades de sus usuarios (Şengel, 2013), de acuerdo con los resultados de esta investigación todavía hay que hacer esfuerzos significativos para mejorar la usabilidad y visibilidad de los sitios, e incluso de acuerdo con (Ismailova & Kimsanova, 2017; Pincay Ponce & Delgado Reyes, 2018) resta por mejorar la accesibilidad.

Desde la perspectiva de una web accesible, como un aspecto de la inclusión educativa muchas veces inadvertido, se puede lograr sitios web universitarios usables que desde el momento de su concepción se orienten a celebrar la diversidad de la sociedad y enaltecer la nobleza de la educación para todos y para toda la vida (Pincay Ponce, 2018).

Hasta cierto punto, la facilidad de uso depende del propósito y el público objetivo de un determinado sitio, no obstante, un sitio web utilizable es uno que es accesible, atractivo, consistente, claro, simple, navegable y tolerante a los errores del usuario (Pierce, 2005), lo cual se puede prever haciendo diseños basados en estándares como la norma ISO 9241-151.

La facilidad de uso del sitio web es una prueba del éxito que tiene el usuario para realizar alguna tarea o encontrar información en el sitio web con un mínimo esfuerzo cognitivo (Norman, 2000; Sindhuja & Dastidar, 2009; Yusof, Khaw, Ch'ng, & Neow, 2010, p. 3), en tal sentido, las universidades suelen proporcionar mediante la web estadísticas básicas, historia de la universidad, información de admisiones y becas, bibliotecas e información departamental, pero resta procurar que sea mediante interfaces web adecuadas que agilicen su comprensión cuidando la marca e imagen institucional (Barcellos & Jr, 2019).

5. Conclusiones

En este estudio se destacó la importancia de los criterios de usabilidad incluidos en la norma ISO 9241-151, su premisa de garantizar un alto nivel de facilidad de uso, el cómo pueden influir en el diseño de los sitios web de las universidades y en consecuencia en los posibles efectos positivos en la satisfacción de los usuarios.

Con la aplicación de la norma ISO 9241-151, se evidenció problemas específicos para cada sitio web, muchos de los cuales se valoraron con -1 y -2 en los criterios de diseño de contenidos, diseño general y especialmente en los criterios de búsqueda, pues es allí donde no se han aplicado buenas prácticas o estrategias de gestión de la información contenida en los sitios web universitarios.

Los sitios web evaluados universitarios no son explícitos en informar sobre políticas de privacidad con los datos, el uso de cookies y otros indicadores relacionados con el diseño de contenidos. Respecto al diseño general, se refleja la necesidad de mejorar en cuanto al uso del color, tamaño y tipo de fuente, y por ende proporcionar sitios web más atractivos para los usuarios.

En general, los resultados de la evaluación heurística efectuada a los sitios web de las universidades de Ecuador, denotan un alto cumplimiento del criterio de navegación, especialmente en las universidades categorizadas como A, con un 96.5/100, le sigue categoría B con 80.6/100; en el otro extremo el criterio con valoraciones en su mayoría negativas fue el de búsqueda, que incluso las Universidades de categoría A alcanzó 0.6/100 y en las de categoría B -17.30/100. Esto evidencia el requerimiento de mejoras ligadas a la construcción de sitios web con un muy buen soporte en las funciones de búsquedas. Este escenario puede conducir a futuras investigaciones sobre metodologías para el diseño y valoración de este tipo de sitios.

6. Limitaciones y trabajos futuros

Este trabajo se basó en una metodología heurística, en tal virtud a futuro se podría replicar el estudio con usuarios reales y examinar la usabilidad percibida por ellos, así como su satisfacción con respecto a cada sitio web. Además de considerar aspectos como su idioma nativo, niveles de formación, edad, experiencia y predisposición en el manejo de tecnologías web e interfaces emergentes... enriqueciendo más los resultados del análisis.

Referencias

Aldwyn, C. (2011). What is the importance of web usability? *Modern Web Design and Usability*, *19*.

Ballard, J. K. (2010). *Web Site usability: a case study of student perceptions of educational web sites*.

Barcellos, I., & Jr, G. B. (2019). *Advances in Human Factors in Communication of Design*. *796*, 60–71. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93888-2

Benaida, M., & Namoun, A. (2018). An Exploratory Study of the Factors Affecting the Perceived Usability of Algerian Educational Websites. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, *17*(2), 1–12.

Chamba-Eras, L., Coronel-Romero, E., & Labanda, M. (2016). *Usabilidad Web: situación actual de los portales Web de las Universidades de Ecuador*.

Hasan, L. (2014). *Evaluating the Usability of Educational Websites Based on Students' Preferences of Design Characteristics*. (January 2014).

Ismailova, R., & Kimsanova, G. (2017). Universities of the Kyrgyz Republic on the Web: accessibility and usability. *Universal Access in the Information Society*. https://doi.org/10.1007/s10209-016-0481-0

ISO. (2001). *ISO/IEC 9126-1:2001 Software engineering. Product quality. Part 1: Quality model*.

ISO. (2008). *International Standar ISO - 9241-151: Ergonomics of human-system interaction* (Vol. 2008).

Jabar, M. A., Usman, U. A., Awal, A., Technology, I., Technology, I., & Technology, I. (2013). Assessing The Usability Of University Websites From Users ' Perspective. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, *7*(10), 98–111.

Kim, Y. M. (2011). Users' perceptions of university library websites: A unifying view. *Library and Information Science Research*, *33*(1), 63–72. https://doi.org/10.1016/j.lisr.2010.04.007

Lilliam, D., Cancio, P., Mercedes, I., & Bergues, M. (2013). *Usabilidad de los sitios Web, los métodos y las técnicas para la evaluación*. *24*(2), 176–194.

Manzoor, M., Hussain, W., Sohaib, O., Hussain, F. K., & Alkhalaf, S. (2018). Methodological investigation for enhancing the usability of university websites. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. https://doi.org/10.1007/s12652-018-0686-6

Nielsen Norman Group. (2016). University Websites.

Norman, D. A. (2000). *Design of Everyday Things, MIT Press, New York*.

Pierce, K. (2005). Web site usability report for Harvard university. *Capella University*.

Pincay Ponce, J. I. (2018). Reflexiones sobre la accesibilidad web para el contenido educativo en los sistemas de administración de aprendizaje. *REFCalE: Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa. ISSN 1390-9010*, *6*(1), 193–206. Retrieved from https://tinyurl.com/yya7qnbn

Pincay Ponce, J. I., & Delgado Reyes, K. A. (2018). Accesibilidad web: Retos de las Universidades Ecuatorianas. *V Congreso Científico Internacional. Investigación Para La Innovación En Las Ciencias*, 28–40. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32252.33925

Rusu, C., Rusu, V., Roncagliolo, S., Quiñones, D., Rusu, V. Z., Fardoun, H. M., … Collazos, C. A. (2016). *Usability Heuristics: Reinventing the Wheel?* https://doi.org/10.1007/978-3-319-39910-2_6

Şengel, E. (2013). Usability Level of a University Web Site. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *106*, 3246–3252. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.373

Sindhuja, P. N., & Dastidar, S. G. (2009). Impact of the factors influencing website usability on user satisfaction. *IUP Journal of Management Research*, *8*(12).

Whiteside, J., Bennett, J., & Holtzblatt, K. (1988). Usability Engineering: Our Experience and Evolution. In *Handbook of Human-Computer Interaction* (pp. 791–817). https://doi.org/10.1016/B978-0-444-70536-5.50041-5

Yusof, U. K., Khaw, L. K., Ch'ng, H. Y., & Neow, B. J. (2010). Balancing between usability and aesthetics of Web design. *Proceedings 2010 International Symposium on Information Technology - Visual Informatics, ITSim'10*, *1*. https://doi.org/10.1109/ITSIM.2010.5561310

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

Recebido/Submission: 30/11/2019
Aceitação/Acceptance: 25/01/2020

Algoritmo para la selección de atributos en la predicción del fracaso empresarial

Lytyet Fernández-Capestany, Jorge Herrera-Tapia, Juan Carlos Sendón-Varela, Pablo Ávila-Ramírez, Temístocles Bravo-Tuárez

{lytyet.fernandez, jorge.herrera, juan.sendon, pablo.avila, temistocles.bravo}@uleam.edu.ec

[1] Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, CP 130802, Manta, Manabí, Ecuador.

Pages: 120–134

Resumen: La selección de atributos relevantes es una tarea usual en la minería de datos. En la predicción del fracaso empresarial resulta útil contar con técnicas que permitan seleccionar las razones financieras que tengan alto poder predictivo. En este trabajo se propone un algoritmo que en cada iteración selecciona un subconjunto de atributos por medio de la descomposición matricial aleatoria. Cada subconjunto de atributos es evaluado por su capacidad predictiva calculada mediante la técnica *k* vecinos más cercanos con validación cruzada. El desempeño del algoritmo se prueba con un conjunto de datos que contienen razones financieras de empresas fracasadas y empresas no fracasadas. Los resultados obtenidos son comparables con los reportados en la literatura para el mismo conjunto de datos.

Palabras-clave: algoritmo de selección de atributos; fracaso empresarial; razones financieras; método *CUR*.

Algorithm for the selection of attributes in the prediction of business failure

Summary: The selection of relevant attributes is a common task in data mining. In predicting business failure it is useful to have techniques that allow you to select financial reasons that have high predictive power. In this paper an algorithm is proposed that in each iteration selects a subset of attributes through random matrix decomposition. Each subset of attributes is evaluated by its predictive capacity calculated using the technique k closest neighbors with cross validation. The performance of the algorithm is tested with a set of data that contains financial reasons for failed companies and non-failed companies. The results obtained are comparable with those reported in the literature for the same data set.

Keywords: attribute selection algorithm; business failure; financial reasons; *CUR* method.

1. Introducción

En la actualidad en varias áreas del conocimiento existe la necesidad de extraer información a grandes volúmenes de datos. La elevada dimensión de un conjunto de

datos afecta el desempeño de los algoritmos existentes para la clasificación, así como la interpretación de estos (van der Maaten, Postma, & van den Herik, 2009). La reducción de la dimensión de una matriz de datos aparece como un problema a resolver en varias áreas del conocimiento donde se aplica la minería de datos. Existen dos aproximaciones para realizar una reducción de la dimensión de un conjunto de datos. Una, es la transformación o construcción de atributos y la otra es la selección de atributos, ambas son técnicas de preprocesado que se usan frecuentemente (van der Maaten et al., 2009).

Una de las técnicas de construcción de atributos más populares es el Análisis de Componentes Principales (PCA). Esta técnica tiene el inconveniente de que rompe con la representación original de las variables, lo cual hace difícil la interpretación de los resultados. Una ventaja del análisis de componentes principales es que los atributos que construyen tienen la característica de ser ortogonales entre sí. Este rasgo hace que el PCA sea muy empleado en condiciones donde exista multicolinealidad. En cambio las técnicas para la reducción de la dimensión basadas en la selección de atributos, tienen a su favor que no rompen con la semántica de los datos, lo que facilita la interpretación de los resultados. Tienen la desventaja de no tratar la multicolinealidad lo que puede limitar el uso de algunos clasificadores.

La Regresión por Mínimos Cuadrados Parciales (PLS) es una técnica de reducción de la dimensión de la matriz de datos basada en la construcción de nuevos atributos (componentes) de (Jong, 1993). Esta técnica combina las características de la Regresión Lineal y el PCA y construye componentes ortogonales entre sí. PLS ha sido aplicado con éxito para reducir la dimensión en problemas de clasificación, en el área de la quimiometría y la bioinformática (Wold, Sjöström, & Eriksson, 2001); (Nguyen & Rocke, 2002); (Barker & Rayens, 2003); (Dai, Lieu, & Rocke, 2006); (Boulesteix & Strimmer, 2007). Ha sido empleado de manera combinada con Máquina de Soporte Vectorial (SVM) y con el Análisis de Discriminante Lineal (LDA), para la predicción del fracaso empresarial (Yang, You, & Ji, 2011); (Serrano & Gutiérrez, 2013).

Otra técnica para la reducción de la dimensión de la matriz de datos, es la descomposición matricial y *CUR* (Mahoney & Drineas, 2009). Al igual que la Descomposición en Valores Singulares (SVD) (Golub & Van Loan, 1996), permite obtener aproximaciones matriciales de menor rango para una matriz de datos. El acrónimo *CUR* viene dado porque esta técnica consiste en descomponer la matriz de datos $A \approx C \times U \times R$ en tres matrices donde C es un subconjuntos de las columnas de A, R es un subconjunto de las filas de A y U una matriz de mezcla. Dada su naturaleza, la descomposición matricial *CUR* resulta una herramienta interesante cuya utilización puede ser un auxiliar importante en la interpretación cabal de los resultados de un análisis exploratorio de datos.

Las razones financieras comúnmente son empleadas como datos en los análisis financieros. Estas son expresiones matemáticas de la relación entre dos actividades contables en una organización. Su estudio permite conocer la evolución de los valores a través del tiempo, y pueden ser tomadas como una señal de alarma de algún tipo de situación potencialmente peligrosa para las empresas (Sanchis, 1999). También muestran las condiciones en que opera la empresa con respecto al nivel de liquidez, solvencia, endeudamiento, eficiencia, rendimiento y rentabilidad, facilitando la toma de decisiones gerenciales, económicas y financieras en la actividad empresarial (Nava, 2009).

"Las consecuencias del fracaso empresarial no se limitan a las personas u organizaciones que han establecido de forma directa una relación con la empresa fallida. A menudo estas consecuencias se extienden al entorno empresarial y, por ende, al conjunto de la economía y al entorno social de un país o de una región" (Alfaro, 2006). La cuestión anterior ha motivado a la comunidad científica a prestarle singular atención a la investigación que posibilite la creación de herramientas que posibiliten predecir el fracaso de las empresas (Beaver, 1966); (Serrano & Gutiérrez, 2013).

Las técnicas que usualmente se emplean para predecir el fracaso empresarial, el conjunto de datos que toman como entrada es una matriz donde las observaciones son empresas de un mismo sector y las columnas son razones financieras. La forma de definir las razones financieras, hace que existan razones que compartan información entre sí. Por ejemplo, dos razones con esta característica son: (capital de trabajo/total de activos), (beneficio neto/total de activo). Esta cuestión provoca que los análisis, a menudo, se realicen con información duplicada e irrelevante. Lo que pone de manifiesto la necesidad de contar con la capacidad de seleccionar, aquellas razones que resulten más importantes para predecir el fracaso.

En este trabajo se tiene como objetivo el diseño de un algoritmo híbrido que permita seleccionar las razones financieras con alta capacidad predictiva del fracaso empresarial. La propuesta de un algoritmo híbrido se justifica, debido a que combina la idea de los algoritmos envolventes y los de filtro. Además de obtener resultados comparables en términos de precisión, de acuerdo a la calidad de la selección y siendo eficiente, desde el punto de vista temporal empleando software libre. Se aborda el diseño del algoritmo tomando como base la descomposición matricial *CUR*, y la experimentación con una sola configuración para los parámetros cantidad de atributos (k_{cur}) y cantidad de componentes k_{comp}.

2. Algoritmo para la selección de atributos

Al realizar una búsqueda no exhaustiva, con criterios de búsqueda que relacionan, la predicción de fracaso empresarial y la descomposición matricial *CUR* sólo se encontraron los trabajos que abordan el problema de la selección de razones financieras mediante la factorización de matrices no negativa (NMF) Ribeiro y otros (2009); (Chen, Ribeiro, & Chen, 2011). Esta técnica es similar a la descomposición matricial *CUR*, pero consiste en descomponer la matriz de datos: $A_{m\times n} \approx W_{m\times k} \times H_{k\times n}$, donde W se interpreta como un conjunto de *k* factores que cada uno tiene asociado un peso por cada variable de los datos originales. Dada la escasez de trabajos en esta área del conocimiento se puede afirmar que la aplicación de la descomposición *CUR* en el contexto de la predicción del fracaso empresarial, resulta un tema de investigación interesante y novedosa.

La selección de atributos se puede considerar como un problema de búsqueda (Guyon & Elisseeff, 2003), (Siedlecki & Sklansky, 1988), en un espacio de estados, donde cada estado corresponde con un subconjunto de atributos, y el espacio engloba todos los posibles subconjuntos que se pueden generar. Un algoritmo de selección de atributos en general, se basa en dos pasos básicos: generación de subconjuntos de atributos y evaluación de subconjuntos. En la generación de nuevos subconjuntos se define un punto de partida, para que siguiendo una estrategia se recorra el espacio de búsqueda hasta que se cumpla un criterio de parada.

En este trabajo se considera la selección de atributos como un problema de búsqueda. En este sentido se emplea la variante de descomposición *CUR* propuesta en (Mahoney & Drineas, 2009), como mecanismo para seleccionar un subconjunto de atributos en cada iteración del algoritmo. La evaluación de cada subconjunto de atributos se lleva a cabo mediante el empleo de un clasificador. A continuación se incluye una descripción del algoritmo empleado para realizar la selección de atributos.

2.1. Algoritmo ColumnSelect

En la literatura aparecen reportadas varias descomposiciones *CUR* que se diferencian en las cotas de error obtenidas y en el criterio para elegir las columnas y filas que forman las matrices C y R (Mahoney & Drineas, 2009) y (Stewart, 1999). La descomposición matricial *CUR* propuesta en (Mahoney & Drineas, 2009), elige cada columnas *j* de la matriz *A* a incluir en C (similarmente en R) a partir de un factor de importancia y luego muestrea aleatoriamente un pequeño número de columnas de *A* usando ese factor de importancia como una distribución de probabilidad. A partir de la matriz *A* y un parámetro de entrada dado por el rango *k,* se define el factor de importancia por $\pi_j = \frac{1}{k}\sum_{p=1}^{k}\left(v_j^p\right)^2$, $\forall j = 1, \ldots, n$ donde v_j^p es la j-ésima componente del p-ésimo vector singular derecho de *A*.

El algoritmo básico para seleccionar las columnas de una matriz denominado ColumnSelect toma como entrada cualquier matriz *A* de orden $m \times n$, un parámetro de rango k y un parámetro de error ϵ que consiste en:

Calcular v^1, ..., v^k (los mayores k vectores singulares derechos de *A*) y los factores de importancia normalizados π_j, $\forall j = 1, \ldots, n$,

Mantener la j-ésima columna de *A* con probabilidad $p_j = \min\left(1, c\pi_j\right), \forall j = 1, \ldots, n$
donde $c = O\left(k\frac{logk}{\dot{o}^2}\right)$,
Regresar la matriz C que contiene las columnas seleccionadas de *A*.

El resultado teórico más importante que avala el algoritmo establece que con probabilidad al menos del 99%, esta elección de columnas satisface que:

$A - P_C A_F \leq \left(1 + \frac{\epsilon}{2}\right) A - A_{KF}$ Donde P_C denota la matriz de proyección sobre el espacio columna generado por C y A_K es la matriz de rango k más próxima a *A* en norma de Frobenius. La prueba de este resultado se encuentra en (Drineas, Mahoney, & Muthukrishnan, 2008). De esta forma el resultado garantiza que si A es una matriz cercana a una matriz de rango k entonces, con alta probabilidad, el subespacio generado por las columnas de *A* está próximo al subespacio generado por las columnas de C.

2.2. Elementos de diseño del algoritmo AHSA

Considérese una matriz de datos Q_{nxm} que tiene n observaciones (empresas) y m atributos (razones financieras), y un vector de clases Y_{nx1} donde cada una de sus componentes $y_i \in \{-1,1\}$ representa la etiqueta de clase (insolvencia $y = -1$, $y = 1$, solvencia) $i = 1,\ldots,n$.

El problema de selección de atributos se formula como el problema de optimización siguiente:

$$\text{Maximizar } E\big(Z(X)\big)$$

Sujeto a:

$$X \text{ Q}$$

Donde E es la función objetivo que está dada por la precisión de un clasificador Z que emplea los atributos de Q_{nxm}. La función E se define como la razón de clasificación correcta si las clases están balanceadas. En caso en que no estén balanceadas las clases en la muestra se define E, como la media de la razón de clasificación correcta de cada clase (Ferri, Hernández-Orallo, & Modroiu, 2009).

2.3. Estructura general del algoritmo

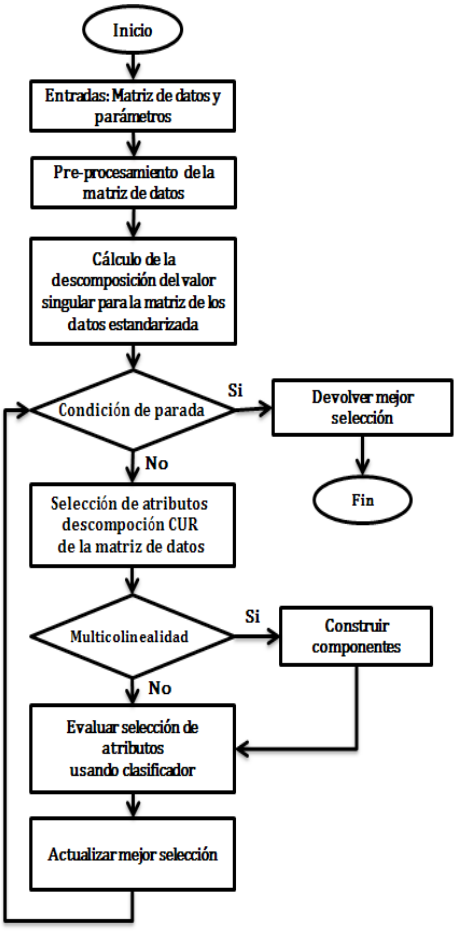


Figura 1 – Estructura del algoritmo AHSA

El algoritmo híbrido diseñado para la selección de atributos (AHSA) tiene como idea, encontrar de manera iterativa una cantidad $q < n$ de atributos que tenga alta capacidad predictiva. El algoritmo comienza con un pre-procesamiento del conjunto de datos. Luego para la solución del problema de selección de atributos el algoritmo se basa en un mecanismo de búsqueda local que emplea el algoritmo ColumnSelect para la generación de soluciones (subconjuntos de atributos $X_{m\times k}$). Para evaluar cada solución se emplea la precisión de la clasificación que se realiza con el subconjunto de atributos $X_{m\times k,}$ o con un subconjunto $T_{m\times q}$ de componentes ortogonales calculadas mediante la regresión PLS o el PCA a partir de los atributos $X_{m\times k}$. Para clasificar se emplea el método k-vecinos más cercanos (KNN), o el análisis discriminante lineal. Para verificar la clasificación se puede emplear validación cruzada, leave one out. En la Figura 1 se muestra un esquema de la estructura del algoritmo.

En el algoritmo AHSA la detección de la multicolinealidad se detecta mediante el criterio empírico propuesto por (Vega-Vilca & Guzmán, 2011). El cual consiste en calcular:

$$\delta = \sqrt{\lambda max / \lambda min}$$

Donde λmax y λmin son los autovalores máximo y mínimo de la matriz de correlaciones entre los atributos. Se considera que existe multicolinealidad si $\delta \geq 30$.

2.4. Caracterización del AHSA

El algoritmo se le concede la denominación de algoritmo híbrido pues combina la idea de los algoritmos envolventes y la de los de filtro Van der Maaten y otros (2009) y (Guyon & Elisseeff, 2003). El AHSA es un algoritmo envolvente que tiene un mecanismo de filtro aleatorio para la generación de los subconjuntos de atributos a evaluar en cada iteración. Se dice que el AHSA emplea un algoritmo de filtro, en el sentido del uso que se le da a la descomposición *CUR*, la cual permite en cada iteración filtrar de manera aleatoria a las columnas de la matriz de datos (atributos) a partir de cierto factor de importancia. Los atributos con mayor factor de importancia son más propensos a estar presente en la selección que se lleva a cabo en cada iteración. El comportamiento aleatorio de *CUR* hace que cada subconjunto de atributos a evaluar en cada iteración sea diferente. Por esta característica de aleatoriedad de cada selección de un subconjunto de atributos, se puede caracterizar el AHSA como algoritmo con estrategia de búsqueda aleatoria.

2.5. Variantes del algoritmo AHSA

El algoritmo AHSA tiene 6 variantes que se forman al combinar un método determinado de construcción de atributos y un método para la clasificación. A continuación se describen brevemente las variantes analizadas.

1. AHSA-LDA-PLS: esta variante emplea el *LDA* como clasificador para evaluar en cada iteración el subconjunto de $q \leq k$ componentes *PLS* construidas a partir de la matriz $X_{m\times k}$ formada por k columnas de la matriz original. Las k columnas que componen la matriz $X_{m\times k}$ son previamente seleccionadas mediante la descomposición matricial *CUR*.

2. AHSA-LDA-PCA: esta variante al igual que la anterior, emplea el *LDA* como clasificador para evaluar en cada iteración el subconjunto de $q \leq k$ componentes *PCA* construidas a partir de la matriz $X_{m \times k}$.
3. AHSA-kNN-PLS: es similar a la variante AHSA-LDA-PLS con la única diferencia que emplea *kNN* como clasificador.
4. AHSA-kNN-PCA: esta variante emplea *kNN* como clasificador y al igual que en la variante AHSA-LDA-PCA se emplea el *PCA*, para construir componentes.
5. HSA-LDA: esta variante emplea directamente el clasificador *LDA* para evaluar un subconjunto *k* de atributos seleccionados con CUR.
6. AHSA-kNN: esta variante emplea directamente el clasificador *kNN* para evaluar un subconjunto *k* de atributos.

Para evaluar el desempeño de cada variante del algoritmo, se realizan 25 ejecuciones para la siguiente configuración de los parámetros:

Conjunto de datos de Pietruszkiewicz: cantidad de atributos *kcur* =5, cantidad de componentes *kcomp* = 2, número máximo de iteraciones IterMax = 200.

La cantidad de iteraciones máxima (IterMax) y la cantidad de atributos a seleccionar por el algoritmo ColumSelect (*kcur*) se definen de acuerdo a la dimensión del conjunto de datos. En el conjunto de datos para el clasificador kNN se fija el valor $k = 3$.

2.6. Implementación del algoritmo AHSA

El algoritmo AHSA se implementó en el software R con la versión 3.2.0 R Core Team (2015). Para esto se usaron diversos paquetes que están disponibles en la web oficial del proyecto R CRAN.

Para la ejecución del algoritmo ColumnSelect se emplea la función *CUR* que se encuentra en el paquete rCUR (Andras, Istvan, Michael W, & Solymosi, 2012) desarrollado por Andras y otros (2012), donde se asegura que la función proporciona la misma precisión que el presentado por (Mahoney & Drineas, 2009). El uso de la descomposición del valor singular en la función *CUR* es necesaria para su funcionamiento y se utiliza la función *svd* que se encuentra en el paquete base R Core Team (2015).

Para la construcción de componentes mediante PCA se emplea la función *princomp* que está incluida en el paquete stats R Core Team (2015) y su funcionamiento está basado en (Mardia, Kent, & Bibby, 1979). Por su parte, PLS emplea la función *pls.regression* basada en (Boulesteix & Strimmer, 2007) la cual usa el algoritmo SIMPLS de (Jong, 1993) perteneciente al paquete plsgenomics (Boulesteix & Strimmer, 2007).

En la implementación del clasificador LDA se emplea la función *lda* que está presente en el paquete MASS R Core Team (2015) y su funcionamiento está basado en Venables y Ripley (2002). Esta función tiene la opción de ejecutar la validación cruzada (Leave One Out). El clasificador *kNN* es tomado de la función *knn.cv* del paquete class R Core Team (2015).

3. Resultados y discusión

El algoritmo AHSA tiene componentes aleatorios, por esta razón el análisis que se realiza se hace de manera similar a como se procede con una metaheurísticas al resolver un problema de optimización. Para un mejor entendimiento se incluye: la descripción de las configuraciones del AHSA, las características de los conjuntos de datos empleados, los resultados obtenidos tras varias ejecuciones del algoritmo y la comparación con otros métodos reportados en la literatura.

3.1. Conjunto de datos

Encontrar conjuntos de datos procedentes de la actividad contable de una empresa es sumamente difícil, ya que estos en muy pocas circunstancias son de libre acceso (Kainulainen et al., 2011). Para probar el desempeño de las distintas variantes del algoritmo se empleó un conjunto de datos de 120 compañías de las cuales se conocen las razones financieras de dos años para cada empresa. La matriz de datos tiene 240 filas (empresas) y 30 columnas. De las 240 observaciones, se tiene que 112 están en estado de quiebra y las restantes 128 no lo están. Las empresas que están en quiebra alcanzaron este estado entre el 2 y 5 años antes de la recolección de los datos (Pietruszkiewicz, 2008).

3.2. Experimentación

Para evaluar el desempeño de cada variante del algoritmo, se realizan 25 ejecuciones para la siguiente configuración de los parámetros:

1. Conjunto de datos de Pietruszkiewicz: cantidad de atributos $k = 5$, cantidad de componentes $q = 2$, número máximo de iteraciones $IterMax = 200$.

El desempeño del algoritmo AHSA es comparado con algunos trabajos que aparecen en la literatura y que utilizan los mismos conjuntos de datos. En la comparación también se emplean métodos clásicos para la selección de atributos que aparecen implementados en los paquetes del lenguaje R. Los métodos empleados para comparar que están implementados en el R, son los siguientes:

- SV-PLS: consiste en seleccionar las variables más significativas mediante la función *variable.selection* del paquete plsgnomics, y luego construir el modelo discriminante con dichas variables (Boulesteix, 2004). El algoritmo ordena las variables de acuerdo con el valor absoluto del peso, que define el primer componente PLS. Este orden es equivalente a la ordenación obtenida con el estadístico F y la prueba con varianzas iguales.
- Step-Class: consiste en aplicar el método stepclass del paquete klaR. Este método envolvente consiste en seleccionar variables de manera secuencial en dos direcciones (hacia delante y hacia atrás) y donde se emplea un clasificador determinado (LDA y kNN) para evaluar la selección de variables (Venables & Ripley, 2002)

- E-LL y ELM-SVM son algoritmos de ensamblado de atributos propuestos en (Kainulainen et al., 2011).
- SVM-PLS: algoritmo que emplea PLS para la selección de variables y luego emplea Máquina de Soporte Vectorial para clasificar (Yang et al., 2011).
- NN-LVQ: algoritmo de clasificación basado en redes neuronales (Yang et al., 2011).

3.3. Resultados para el conjunto de datos de Pietruszkiewicz

Antes de ejecutar el algoritmo se realiza un análisis de la matriz de correlación de Pearson, detectándose varios atributos que están fuertemente correlacionados. En la Tabla 1 se muestran aquellos atributos con correlación superior a 0,95.

Variables		coeficiente	Variables		coeficiente
X8	*X16*	*1.000*	*X26*	*X27*	*0.9817*
X17	*X20*	*1.000*	*X26*	*X28*	*0.9774*
X21	*X22*	*0.9993*	*X9*	*X29*	*0.9712*
X11	*X12*	*0.9959*	*X19*	*X30*	*0.9664*

Tabla 1 – Correlaciones fuertes para los datos de Pietruszkiewicz.

La información redundante resta efectividad a los métodos de clasificación, por esta razón se decide no considerar en el análisis los atributos siguientes: X11, X16, X19, X20, X22, X26, X28 y X29. Estos mismos atributos son eliminados en el trabajo Yang y otros. (2011).

En la Tabla 2 se muestra la evaluación de los mejores subconjuntos de atributos que construyen las variantes del AHSA. Los atributos que con mayor probabilidad pertenecen al mejor subconjunto que encuentran las variantes del AHSA son los siguientes: X1, X9, X10, X14, X15, X17 y X18. En Kainulainen y otros. (2011), los principales atributos que seleccionan los algoritmos ELL y ELM-SVM son los siguientes: X1, X9, X10 y X17.

En la Tabla 3 se muestra la media y la desviación estándar de la media, en las 25 corridas realizadas por cada una de las variantes del algoritmo. También en esta se incluye el tiempo promedio en segundos para una ejecución del algoritmo. En cada columna de la Tabla 2 se incluyen la medida de desempeño para cada uno de los métodos de validación de la clasificación empleados Leave One Out (LOO).

En la Tabla 3 se aprecia que al usar *LDA* como clasificador, las variantes (AHSA-LDA-PLS y AHSA-LDA-PCA) que emplean componentes para evaluar los subconjuntos de atributos seleccionados, encuentran subconjuntos de atributos con mayor capacidad predictiva, que la variante (AHSA-LDA) que no emplea componentes para evaluar la selección. Esto no sucede en las variantes (AHSA-kNN-PLS, AHSA-kNN-PCA y AHSA-kNN) donde se emplea *kNN* como clasificador, en estos casos los resultados son muy similares. Con el uso de *kNN* como clasificador en el algoritmo AHSA se obtienen subconjuntos de atributos con mejor evaluación, que cuando se emplea el *LDA* como clasificador.

	Atributos					
Algoritmo	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**Precisión**
AHSA-LDA-PLS	X8	X1	X6	X15	X9	0,7768
AHSA-kNN-PLS	X17	X2	X3	X9	X23	0,8142
AHSA-LDA-PCA	X18	X14	X13	X9	X27	0,7773
AHSA-kNN-PCA	X17	X5	X10	X21	X13	0,8214
AHSA-LDA	X8	X1	X10	X15	X9	0,7718
AHSA-kNN	X17	X5	X8	X1	X24	0,8052

Tabla 2 – Mejor subconjunto de atributos que selecciona cada algoritmo en el conjunto de datos de Pietruszkiewicz.

Método de validación	**Validación Cruzada (LOO)**		
Algoritmo	**Media.**	**Desviación estándar.**	**Tiempo(s).**
AHSA-LDA-PLS	0.7675	0.005	1.72
AHSA-kNN-PLS	0.7867	0.013	1.01
AHSA-LDA-PCA	0.7603	0.008	1.70
AHSA-kNN-PCA	0.7872	0.014	0.95
AHSA-LDA	0.7574	0.007	1.72
AHSA-KNN	0.7869	0.009	0.90
E-LL	0.7450	0.060	-
ELM-SVM	0.7660	-	-
SV-PLS-LDA	0.6959	-	0.02
StepClass-LDA	0.7598	0.010	6.89
StepClass-Knn	0.7794	0.017	57.3
NN-LVQ	0.7833	-	-
SVM-PLS	0.7900	-	-

Tabla 3 – Comparación del desempeño de los algoritmos.

En la Tabla 3 todas las variantes del AHSA tienen un desempeño ligeramente superior que los algoritmos SV-PLS-LDA y E-LL. El desempeño de todas las variantes del AHSA también es comparable con los del algoritmo ELM-SVM y con las dos variantes de la selección secuencial StepClass-kNN y StepClass-LDA. El AHSA al usar *kNN* como clasificador, sólo tiene un desempeño ligeramente inferior al algoritmo SVM-PLS de (Yang et al., 2011). En cuanto al tiempo de ejecución, todas las variantes del AHSA son más veloces que los algoritmos StepClass.

En la Figura 2 se muestra la capacidad predictiva del *LDA* al considerar parejas de atributos tomadas del subconjunto: X1, X9, X10 y X15. En las gráficas de las Figuras 2 y 3

una observación correspondiente a una empresa quebrada se representa con (-) y a una empresa no quebrada con (+). También en la parte superior de cada gráfica de las Figuras 2 y 3, se incluye el error de clasificación incorrecta que se representa en color rojo.

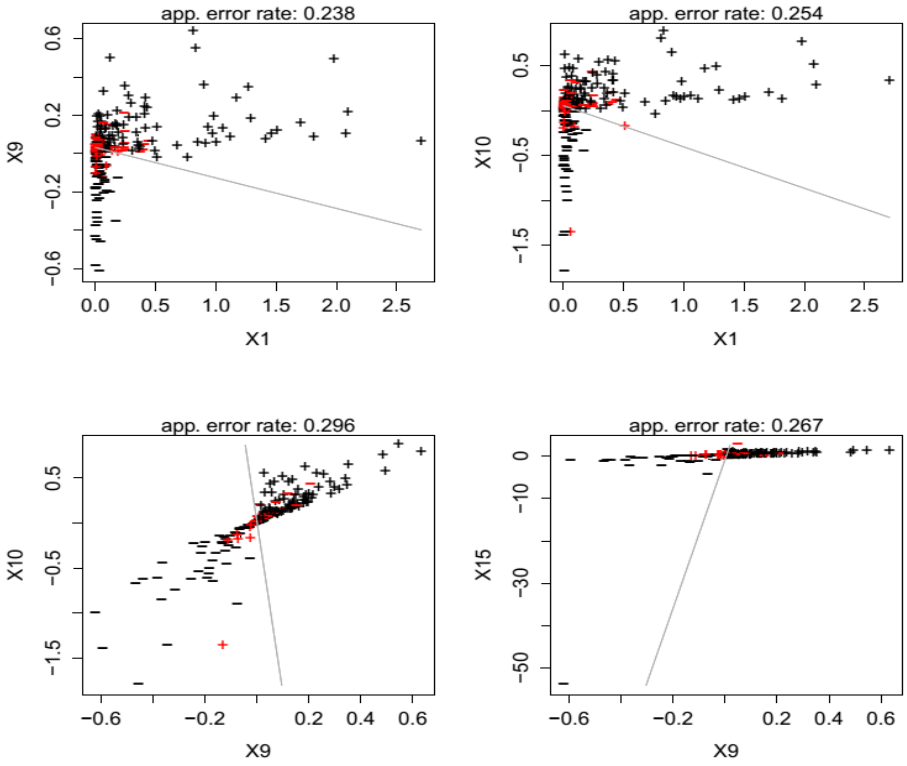


Figura 2 – Clasificación con LDA empleando los atributos: X1, X9, X10 y X15.

En la Figura 3 se muestra la capacidad predictiva del clasificador *kNN*, al considerar parejas formadas a partir de los atributos: X5, X9, X10 y X18. Se puede observar en estas gráficas que *kNN* permite obtener mejores predicciones que el *LDA*. El error de clasificación incorrecta es menor que cuando se utiliza *LDA* como clasificador.

3.4. Discusión financiera

En este trabajo se decide eliminar aquellos atributos que se encuentran fuertemente correlacionados, el valor del coeficiente se puede consultar en (Tabla 1). En los datos de Pietruszkiewicz fueron eliminados los atributos: X8 (ventas/activo circulante) y X16 (ventas/cuentas por cobrar), ambos permiten determinar la efectividad de la empresa, es decir, cuánto se ha generado por concepto de ventas por cada peso invertido en activos. Los atributos X17 y X18 reflejan el mismo ratio (ventas/total de activos). Los atributos

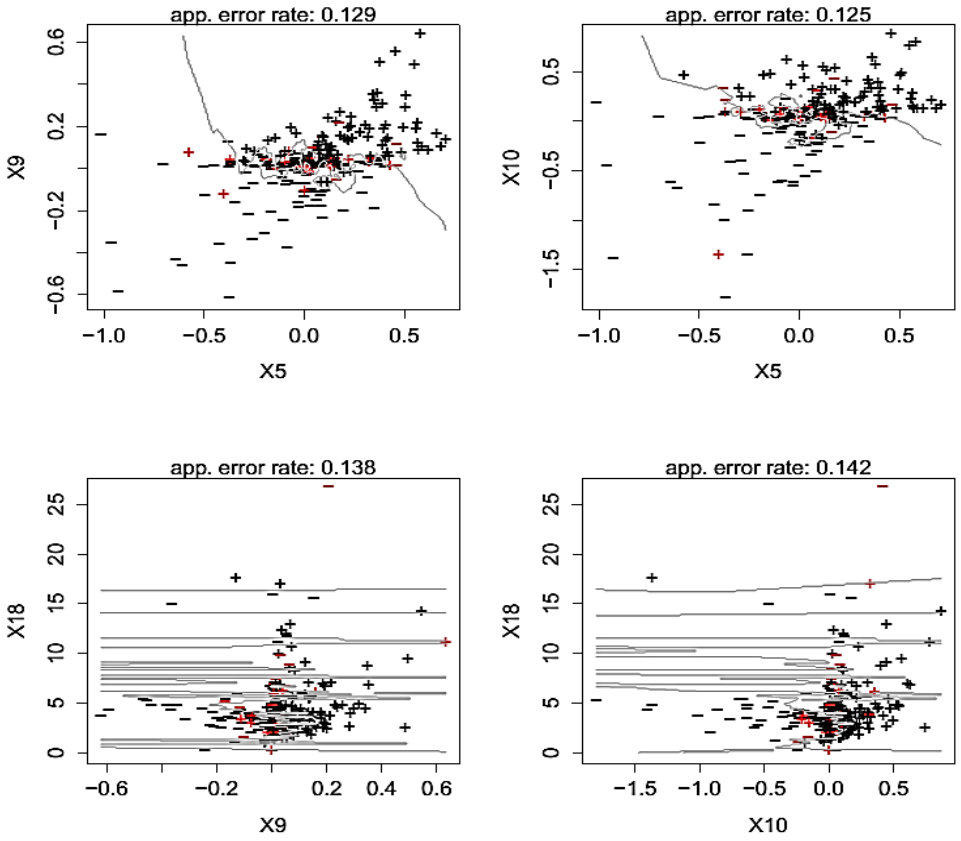


Figura 3 – Clasificación con kNN empleando los atributos: X1, X9, X10 y X15.

X30 (activo corriente/ventas) y X19 (365*cuentas por cobrar/ventas) se eliminan, ya que X30 explica lo que los clientes no han pagado a la empresa y el atributo X19 refleja el ciclo de cobro de los clientes de la empresa. El X21 (pasivo/total de ingreso) y el X22 (pasivo corriente/total de ingreso) expresan qué parte de la deuda puede ser cubierta por el total de ingresos. El atributo X26 se relaciona con los atributos X27 y X28, ambos comparten el mismo denominador (patrimonio) y el numerador varía en cuanto a la clasificación del pasivo (pasivo, pasivo a largo plazo y pasivo circulante) respectivamente. Se decide eliminar los atributos X26 y X28, en general estos expresan qué porciento de deuda es financiada con fondos propios.

Las variantes del AHSA en el conjunto de datos de Pietruszkiewicz seleccionan con mayor frecuencia los atributos: X1 (efectivo/pasivo corriente), X5 (capital de trabajo/ total de activos), X9 (beneficio neto/total de activo), X10 (beneficio neto/activos corrientes), X14 (beneficio neto/patrimonio), X15 (beneficio neto/(patrimonio + pasivos a largo plazo), X17 (ventas/total de activos) y X18 (ventas/activos corrientes). En resumen el atributo X1 se ubica en el grupo de endeudamiento, X5 en el grupo de

equilibrio económico-financiero y X9, X10, X14, X15 y X17 en el grupo de rentabilidad. El subconjunto de atributos X9, X10, X14, X15 y X17 es el que provee de información sobre la rentabilidad de la empresa. En este conjunto de datos una disminución de la rentabilidad significa que la gestión operativa no marcha bien, aspecto al que se le debe prestar especial atención, para tomar acciones que reviertan esta situación lo antes posible. La pérdida de la rentabilidad aparece en la literatura como una de las fases por las que transitan las empresas quebradas El atributo X5 permite evaluar el equilibrio de la solvencia y la liquidez que posee la empresa, por lo que un deterioro en este atributo supone una señal de alerta y un exceso de este puede afectar la rentabilidad. Además un deterioro en el atributo X1, afecta la capacidad de pago a corto plazo debido a una disminución de la liquidez.

4. Conclusiones

El empleo de la descomposición matricial *CUR* en el diseño del algoritmo, resultó ser acertada pues se logra confeccionar un algoritmo: eficaz en términos de la calidad de la selección y eficiente, desde el punto de vista temporal.

La calidad del AHSA para obtener atributos con alta capacidad predictiva en la clasificación de empresas, se evalúa de forma empírica a partir de la experimentación con conjuntos de datos reportados en la literatura que comúnmente permiten predecir la quiebra empresarial.

La capacidad predictiva de los subconjuntos de atributos que selecciona el AHSA en el conjunto de datos de Pietruszkiewicz es alta, ya que es comparable con los resultados reportados en la literatura y en algunas ocasiones los sobrepasa.

Referencias

Alfaro, E. (2006). *Combinación de clasificadores mediante el método boosting. Una aplicación a la predicción del fracaso empresarial en España*. UCLM. Retrieved from http://hdl.handle.net/10578/944

Andras, B., Istvan, C., Michael W, M., & Solymosi, N. (2012). rCUR: an R package for CUR matrix decomposition. *BMC Bioinformatics*, *13*(103).

Barker, M., & Rayens, W. (2003). Partial least squares for discrimination. *Journal of Chemometrics*, *17*(3), 166–173.

Beaver, W. H. (1966). Financial ratios as predictors of failure. *Journal of Accounting Research*, *4*, 71–127.

Boulesteix, A.-L. (2004). PLS dimension reduction for classification with microarray data. *Statistical Applications in Genetics and Molecular Biology*, *3*(1), 1075.

Boulesteix, A.-L., & Strimmer, K. (2007). Partial least squares: a versatile tool for the analysis of high-dimensional genomic data. *Briefings in Bioinformatics*, *8*(1), 32–44.

Chen, N., Ribeiro, B., & Chen, A. (2011). Using Non-negative Matrix Factorization for Bankruptcy Analysis. *INFOCOMP Journal of Computer Science*, *10*(4), 57–64.

Dai, J. J., Lieu, L., & Rocke, D. (2006). Dimension reduction for classification with gene expression microarray data. *Statistical Applications in Genetics and Molecular Biology*, *5*(1).

Drineas, P., Mahoney, M. W., & Muthukrishnan, S. (2008). Relative-Error CUR matrix decompositions. *SIAM Journal of Matrix Analysis Applications*, *30*(1), 844–881.

Ferri, C., Hernández-Orallo, J., & Modroiu, R. (2009). An experimental comparison of performance measures for classification. *Pattern Recognition Letters*, *30*(1), 27–38.

Golub, G. H., & Van Loan, C. F. (1996). *Matrix Computations* (3ra ed.). Baltimore, MD, USA: Johns Hopkins University Press.

Guyon, I., & Elisseeff, A. (2003). An Introduction to Variable and Feature Selection. *Journal of Machine Learning Research*, *23*, 1157–1182.

Jong, S. (1993). SIMPLS: an alternative approach to partial least squares regression. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, *18*(3), 251–263.

Kainulainen, L., Miche Yoan and Eirola, E., , Yu, Q., Frénay, B., Séverin, E., & Lendasse, A. (2011). Ensembles of Local Linear Models for Bankruptcy Analysis and Prediction. *Case Studies in Business Industry and Government Statistics*, *4*(2). Retrieved from http://www.bentley.edu/centers/csbigs/volume-4-number-2

Mahoney, M. ., & Drineas, P. (2009). CUR matrix decompositions for improved data analysis, *106*(3), 697–702. Retrieved from http://www.pnas.org/content/106/3/697.abstract

Mardia, K. V, Kent, J. T., & Bibby, J. M. (1979). *Multivariate Analysis*. London Academic Press.

Nava, M. A. (2009). Análisis financiero: una herramienta clave para una gestión financiera eficiente. *Revista Venezolana de Gerencia*, *14*(48), 606–628. Retrieved from http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=29012059009

Nguyen, D. V, & Rocke, D. M. (2002). Tumor classification by partial least squares using microarray gene expression data. *Bioinformatics*, *18*(1), 39–50.

Pietruszkiewicz, W. (2008). Dynamical Systems and Nonlinear Kalman Filtering Applied in Classification. In *Proceedings of 2008 7th IEEE International Conference on Cybernetic Intelligent Systems* (pp. 263–268). IEEE. Retrieved from http://www.pietruszkiewicz.com

Sanchis, A. (1999). *Una aplicación del análisis discriminante a la previsión de la insolvencia en las empresas españolas de seguros de no vida*. Universidad Complutense de Madrid, Madrid. Retrieved from biblioteca.ucm.es/tesis/19972000/S/2/S2034301.pdf

Serrano, C., & Gutiérrez, B. (2013). Partial least square discriminant analysis for bankruptcy prediction. *Decision Support Systems*, *54*(3), 1245–1255. Retrieved from C

Siedlecki, W., & Sklansky, J. (1988). On automatic feature selection. *Int. Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, *2*(1), 197–220.

Stewart, G. W. (1999). Four algorithms for the the efficient computation of truncated pivoted QR approximations to a sparse matrix. *Numerische Mathematik*, *83*(2), 313–323. https://doi.org/10.1007/s002110050451

van der Maaten, L. J. P., Postma, E. O., & van den Herik, H. J. (2009). Dimensionality reduction: A comparative review. *Journal of Machine Learning Research*, *10*(1–41), 66–71.

Vega-Vilca, J. C., & Guzmán, J. (2011). Regresión PLS y PCA como solución al problema de multicolinealidad en regresión múltiple. *Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones*, *18*(1), 9–20. Retrieved from http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45326927002

Venables, W. N., & Ripley, B. D. (2002). *Modern Applied Statistics with S*. (Fourth edi). Springer.

Wold, S., Sjöström, M., & Eriksson, L. (2001). PLS-regression: a basic tool of chemometrics. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, *58*(2), 109–130.

Yang, Z., You, W., & Ji, G. (2011). Using partial least squares and support vector machines for bankruptcy prediction. *Expert Systems with Applications*, *38*(7), 8336–8342. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2011.01.021

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

Recebido/Submission: 27/12/2019
Aceitação/Acceptance: 08/02/2020

Trabalhando com a Deficiência Auditiva: Uma Proposta de Ensino a Distância com o Uso de Chatbot

Daniel de Azevedo Joveliano[1], Isaac Maciel Galli[2], Gilson Nunes dos Santos Júnior[3], Mateus Rodrigues Almeida da Silva[4], Cristiano da Silva Benites[5], Francisco Carlos Ribeiro[6]

daniel.azevedo@outlook.com, isaacmgko@gmail.com, mateusr.almeidas@gmail.com, gilsonjunior359@gmail.com, cristiano.benites@unasp.edu.br, fcr.professor@hotmail.com

Centro Universitário Adventista de São Paulo, 05858-001, São Paulo, SP, Brasil

Pages: 135–147

Resumo: Este artigo tem por objetivo investigar a inclusão do deficiente auditivo no meio acadêmico, através da acessibilidade para o ensino a distância e inclusão de chatbot. Foram realizadas pesquisas a respeito dos ambientes virtuais e assistentes conversacionais, a fim de propor um modelo de adaptação. Também foram feitas buscas na base de dados do IBGE e do INEP para se analisar a procura dos alunos com deficiência auditiva por instituições de ensino superior, que lhes proporcionassem melhores condições de acessibilidade, portanto sendo uma revisão bibliográfica quantitativa. Concluiu-se que, através de uma acessibilidade mais abrangente e do uso da Inteligência Artificial através de chatbot, plataformas como a Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment (Moodle), podem proporcionar melhores condições de inclusão e de maior apoio aos deficientes auditivos.

Palavras-chave: Chatbot; Deficiência Auditiva; Educação a Distância; Moodle.

Working with a Hearing Disability: A Proposal for Distance Teaching with Chabot

Abstract: This article aims to investigate the inclusion of deficient audits in academia through accessibility to distance learning and the inclusion of chatbot. Research was conducted on the respect of virtual environments and conversation assistants, with proportion end and adaptation model. We also searched the IBGE database and INEP to analyze the requests of hearing impaired students by higher education institutions, which provided better accessibility conditions, therefore being a quantitative bibliographic review. It was concluded that through broader accessibility and use of Artificial Intelligence through chatbot, platforms such as a Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment (Moodle) can offer better inclusion conditions and greater support for the hearing impaired.

Keywords: Chatbot*;* Hearing Deficiency; Distance Education; Moodle.

1. Introdução

Segundo a última pesquisa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), aproximadamente 45.606.048 milhões de pessoas no Brasil têm algum tipo de deficiência, representando cerca de 23,9% da população. As deficiências podem ser inatas ou adquiridas ao longo da vida, no entanto não podem ser consideradas patologias. Isto é, são condições da pessoa, como ser alto ou baixa, obeso ou magro. A pessoa com deficiência necessita tão somente de acessibilidade para não prejudicar o seu desenvolvimento no transcorrer de sua trajetória. Portanto, cabe à sociedade inserir estas pessoas, tanto no meio social quanto no profissional, respeitando suas deficiências (Jesus, 2018).

A Educação a Distância (EAD) tem papel preponderante para romper diversas barreiras que impedem as pessoas de terem acesso a uma educação de qualidade, seja por questões financeiras ou geográficas (Saviani, 2008). Dessa forma a EAD tem se tornado uma opção mais conveniente para a população que busca realizar um curso de qualidade, equivalente ao curso presencial, pois oferece, juntamente com a tecnologia, maior flexibilidade para a participação nas aulas, ao acesso a materiais e conteúdos em qualquer horário e lugar (Flor *et al*., 2015). Nesse contexto, destacam-se os Ambientes Virtuais de Ensino Aprendizagem (AVEAS) que têm como base a internet e atualmente podem ser encontrados em diversas plataformas educacionais (Gabardo *et al*., 2010). No entanto, é necessário analisar as condições propostas pelas atuais plataformas de ensino a distância e discutir sobre as dificuldades envolvidas neste processo como propor melhorias a essas plataformas de tal forma que contribuam para uma melhor eficiência tanto para o curso quanto para o aluno (Melo, *et al*. 2018).

2. Ensino a distância

A partir do momento em que o homem dominou a escrita, a comunicação tornou-se o poder mais eficaz para socializar o conhecimento (Perles, 2007). Partindo desse pressuposto, ele apresenta as tecnologias que usadas vão desde a fala aos recentes métodos disponíveis pelas ferramentas virtuais (Hermida *et. al*., 2006).

Atualmente, o tempo e o espaço foram encurtados pelo advento das novas tecnologias (Hermida *et. al*., 2006). Neste âmbito, a Educação a Distância tornou-se uma nova modalidade de acesso ao aprendizado onde aluno e professor não precisam mais estar delimitados ao mesmo ambiente físico (Morgado, 2001). A distância foi encurtada e o espaço vencido de tal forma e velocidade que em tempo real a comunicação se processa sem qualquer ruído, porque a comunicação ocorre de maneira que o emissor (ou codificador) ao emitir uma mensagem (ou sinal) ao receptor (ou decodificador), por um canal (ou meio), assim interagem virtualmente (Morgado, 2001).

Toda mudança pode trazer certo desconforto para alguns e não seria diferente quanto à questão da introdução das tecnologias no ensino, que, não se coloca apenas ao nível de uma mudança tecnológica (Laurillard, 1993; Ramsden, 1992). Há um grau de interação de quem aprende e de quem ensina e há uma mudança na concepção sobre o conhecimento (Teodoro, 1992). Uma característica essencial do ensino a distância é a interação que

possibilita um tipo de aprendizagem que se insere no paradigma construtivista, e que se diferencia de outras formas de ensino a distância (Morgado, 2001).

Os elementos centrais do ensino virtual são: a comunicação mediada por computador, o ensino a distância, a comunicação síncrona e assíncrona e as interações colaborativas (Vasconcelos, 2010). A aprendizagem é um processo individual, influenciado por alguns fatores, entre os quais, o grupo e as interações interpessoais (Nunes, 1993). Estas interações no grupo envolvem um fenômeno individual e social, com a troca de papéis em diferentes momentos, somado às necessidades na aprendizagem colaborativa, resultando em um ganho maior do que na aprendizagem individual. Não significando necessariamente "aprender em grupo", mas a possibilidade do indivíduo de se beneficiar do apoio e da retroação de outros indivíduos durante o seu percurso de aprendizagem (Preti, 1996).

Não obstante, é preciso saber também que existem novos desafios a serem vencidos, uma vez que o número de usuários às plataformas de ensino continuam crescendo, surgem assim outras necessidades tais como, a falta de regulamentação para o sistema de acompanhamento do aprendizado dos alunos, a formação dos professores, as diferentes metodologias utilizadas, a avaliação do resultado do processo de ensino de aprendizagem, os critérios de credenciamento de novas instituições e autorização de novos cursos, entre outros (Mugnol, 2009).

3. Moodle

A plataforma Moodle, (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) é um ambiente que permite a interação, participação e cooperação dos alunos para a construção do conhecimento, a produção e o gerenciamento de atividades educacionais baseadas na internet e/ou em redes locais (Prado *et al*., 2011). A plataforma tem como principal proposta "aprender em colaboração", não só tratando a aprendizagem como uma atividade social, mas salientando a atenção ao que acontece na aprendizagem enquanto construímos conteúdos (como textos, por exemplo), para que outros vejam ou utilizem (Dougiamas *et al*., 2002).

O Moodle é uma aplicação multi-idioma (Moodle, 2019) baseada na Web, que pode ser visualizada através de qualquer navegador da Web, como Internet Explorer, Google Chrome, Opera, FireFox etc (Sabbatini, 2007). Outra vantagem do Moodle é a adoção de uma filosofia *open source*, ou seja, tem seu código fonte disponibilizado gratuitamente, podendo ser adaptado, estendido e personalizado pela organização que o adota (Legoinha *et. al*., 2006).

O Moodle é dividido nas seguintes funcionalidades (Leite, 2006):

1. Fórum – O Fórum é uma ferramenta de comunicação assíncrona muito versátil, por ser um espaço onde é possível ver o que todos fazem, podendo ser organizados de diferentes formas, tais como, discussão geral com diversos temas ou tópicos, uma única discussão geral, apenas perguntas e respostas etc., podendo conter anexos. Para cada mensagem, é possível avaliar de forma quantitativa ou qualitativa, podendo ser criados diferentes critérios de avaliação.

2. Chat – O Chat permite uma comunicação escrita síncrona, em tempo real, entre professores e alunos. Pode ser útil como espaço de esclarecimento de dúvidas, ou para um bate-papo com um convidado, por exemplo.
3. Escolha – As Escolhas (enquetes) constituem oportunidades, aos alunos, de escolher uma única opção entre uma lista definida pelo professor a partir de uma pergunta. Podem ser usadas em atividades como: coleta de opinião, inscrição em uma determinada atividade, identificação de conhecimento prévio sobre um tema específico, entre outras.
4. Glossário – O Glossário do Moodle é colaborativo, isto é, todos podem inserir itens, como por exemplo dicionários de termos com a disciplina, base de dados documentais e galeria de imagens.
5. Diário – Esta ferramenta permite que o aluno construa textos de reflexão ou síntese de aprendizagem, podendo ser aperfeiçoadas continuamente por meio da orientação de um tutor/professor.
6. Questionário – O Questionário permite que o professor elabore questões com diferentes formatos de resposta (Verdadeiro ou Falso, múltipla escolha, valores, etc.), possibilitando, entre outras coisas, escolher aleatoriamente perguntas, corrigir as respostas automaticamente, adicionar penalidades a cada tentativa, restringir o acesso as respostas corretas e a exportação dos dados para uma planilha.
7. Tarefa – As Tarefas permitem ao professor ler, avaliar e comentar as produções dos alunos, sendo estas individuais e visíveis apenas ao docente.
8. Wiki – O Wiki é uma ferramenta que possibilita a construção de um texto de forma colaborativa, onde todos podem editar e dar contribuições, favorecendo assim o aprendizado.
9. Lição – Com a ferramenta Lição é possível apresentar o conteúdo em um modo atraente e flexível, composto por um determinado número de páginas, onde normalmente cada página é encerrada com uma questão e uma série de possíveis respostas.
10. Base de dados - As bases de dados têm algumas semelhanças com o Glossário, porém dão mais liberdade ao professor para criar campos específicos a serem preenchidos pelos alunos.

Com esse leque de ferramentas acredita-se que o Moodle ofereça ao deficiente auditivo várias oportunidades de acesso ao universo do ensino superior.

4. A acessibilidade em ambientes virtuais

O número de pessoas com necessidades especiais vem crescendo em todo o planeta (Conforto *et al.*, 2002). Segundo os útimos dados obtidos pelo *World Report on Disability* (WHO, 2011), uma em cada sete pessoas no mundo é portadora de deficiência. Tal público vem reivindicando seu legítimo direito de ter acesso a uma informação compreensível e apropriada. Com a popularização da internet, notou-se a necessidade de prover um acesso universal na web, construindo ambientes virtuais acessíveis (Passerino *et al.*, 2007).

O termo acessibilidade na internet ficou popular ao fim da década de 90, após dois consórcios mundiais estabelecerem protocolos que sistemas computacionais devem seguir para serem considerados acessíveis (Passerino *et al.*, 2007). São eles o World

Wide Web Consortium (W3C), onde um grupo de organizações filiadas ao consórcio trabalha para estabelecer padrões para a web (W3C Brasil, 2011), e a Web Accessibility Initiative (WAI), iniciativa da W3C que promove e implementa a acessibilidade na internet (W3C WAI, 2019).

A W3C estabeleceu diretrizes para conteúdo web acessível, com base nos quatro princípios da acessibilidade, em que na falta de um desses princípios, os usuários com alguma deficiência encontrarão dificuldades para acessar o conteúdo (W3C, 2016). O conteúdo deve ser:

1. Perceptível – A informação e os componentes de interface do usuário devem ser apresentados ao usuário de forma que o mesmo possa ser capaz de perceber toda e qualquer informação apresentada.
2. Operável – A interface, assim como sua navegação, não deve exigir do usuário uma operação que o mesmo não seja capaz de executar.
3. Compreensível – A informação apresentada e o funcionamento da interface não devem estar além do entendimento do usuário.
4. Robusto – O usuário deve ser capaz de acessar o conteúdo através de qualquer plataforma, e seu funcionamento também deve ser capaz de acompanhar o avanço das tecnologias.

A acessibilidade à internet pode ser entendida como um sinônimo de aproximação, disponibilizando interfaces que respeitem as necessidades e preferências de cada usuário (Conforto *et al.,* 2002).

Quando tratamos de acessibilidade, devemos conceituá-la considerando uma perspectiva que contemple todo o contexto da vida cotidiana do discente com qualquer tipo de deficiência, física ou mental (Barbosa, 2018).

Subentende-se por acessível o ambiente em que o usuário seja capaz de interagir e compreender seu conteúdo (Nunes *et al.,* 2011). O autor também cita o Decreto 5296/2004, em que "os princípios da acessibilidade indicam ser um direito à cidadania de qualquer pessoa poder acessar os mesmos lugares, objetos e conteúdos, independentemente de suas deficiências".

Para que um objeto de aprendizado seja considerado acessível, deve conter adaptações suficientes para viabilizar plenamente o acesso de pessoas com deficiência a todos os seus recursos. Tais adaptações permitem que os usuários, com ou sem deficiência, acessem o mesmo conteúdo com igual facilidade, possibilitando, inclusive, discussões sobre o que foi abordado (Nunes *et. al.,* 2011).

São destacados pontos importantes relacionados à acessibilidade em plataformas virtuais, como acessibilidade linguística, linguagem visual e profissionais especializados, dando também certa ênfase para a utilização de métodos pedagógicos na plataforma virtual, suporte durante o curso e uso de aplicativos de comunicação como forma de interação mediada (Barbosa, 2018).

O foco do item acessibilidade linguística é a comunicação acessível, tanto aos espaços quanto às pessoas envolvidas na gestão do curso. Para construir uma sociedade inclusiva, devemos ter preocupação e cuidado com a linguagem que se utiliza, pois é através dela

que ocorre a comunicação (Frias *et al.*, 2008). Para os surdos a transição da linguagem é importante, pois sem ela não há um desenvolvimento do processo linguístico, impactando negativamente no aluno e tornando-o isolado do curso (Barbosa, 2018).

Em linguagem visual, centra-se o reforço da utilização de material mais visual. Deficientes auditivos geralmente encontram dificuldades ao interagir com ambientes virtuais projetados para usuários ouvintes, pois tais ambientes são alicerçados na lógica da língua escrita e falada, sem suporte para a linguagem gestual/visual (Pivetta *et al.*, 2013). A visão é o principal sentido dos surdos para a orientação, compreensão e aprendizagem, enquanto que para o público ouvinte, a base é a audição (Barbosa, 2018). Sabendo que a linguagem, para os surdos, é ativada pela visão através de movimentos, cores e expressões visuais, é fortemente indicada a inserção de conteúdos visuais dinâmicos, incluindo imagens *gif* e imagens em textos, facilitando o aprendizado. Também se sugere o uso de textos em cores e links mais nítidos, e em alto contraste com cores de fundo das páginas (Pivetta *et al.*, 2013). Junto a isso, existem ferramentas que realizam a conversão de áudio e texto para Libras – a linguagem utilizada pela comunidade surda para se comunicar, após um simples clique sobre um conteúdo da página.

A falta de profissionais qualificados afeta diretamente o desempenho do aluno, resultando no possível abandono dos estudos, deixando de se tornar um profissional qualificado em qualquer área de atuação (Barbosa, 2018). A qualificação dos docentes, assim como a utilização de métodos pedagógicos adequados para deficientes, elimina barreiras como a linguagem de comunicação com o aluno, e ajuda na assimilação do conteúdo ministrado durante o curso.

A utilização de novas tecnologias de comunicação, como aplicativos de troca de mensagens de qualquer mídia (texto, imagem, áudio e vídeo) via internet, ajuda no contato e suporte do aluno (Barbosa, 2018). Assim, viabiliza-se a interação mediada - relações sociais estabelecidas pelos meios de comunicação de massa que implicam em uma intensa disponibilidade de informações e conteúdo (Becker, 2015), onde há uma interação de qualidade entre os atores envolvidos na educação. O uso de redes sociais e da computação abriu canais de comunicação para todos, principalmente para os surdos, pois são ferramentas visualmente acessíveis, sendo assim mais atraentes à comunidade surda e que, se explorada corretamente, torna-se uma poderosa ferramenta de educação (Lopes, 2017).

5. Assistente conversacional para o meio acadêmico

As áreas da computação, desde seu princípio, têm procurado desenvolver sistemas que se assemelhem à realidade (Hübner et. al., 2004), onde estas buscam conceitos das Ciências Sociais para a sua elaboração (Avegliano, 2008). Com isso, sistemas cada vez mais sofisticados utilizando multimídias e inteligência artificial (I.A.) (Rothermel *et al.*, 2007) se tornam cada vez mais comuns e amplamente difundidos, como por exemplo, interfaces conversacionais (chatbots) (Laurence, 2019).

Shawar e Atwell (2007) apresentam os chatbots como, programas de computadores capazes de interagir com um usuário empregando linguagens naturais. Chatbots são programas de computadores que utilizam inteligência artificial para simular conversas

como se fossem seres humanos (Sottto et,al., 2005; Rothermel *et al.*, 2007; Lucchesi *et al.*, 2018), já de uma maneira mais direta, um Chatbot é um assistente virtual (Carvalho Jr. *et al.*, 2018).

Nos últimos anos, os chatbots vem ganhando espaço e relevância no meio acadêmico sendo "uma alternativa para minimizar a sensação de falta de contato e permitir uma abordagem mais pessoal para o aluno" (Lucchesi *et al.*, 2018), tendo como exemplos: Pounce (AdmitHub, 2016) um chatbot da Georgia State University desenvolvido para a inscrição e entrada de alunos, Elektra (Leonhardt *et al.*, 2003) desenvolvido para atuar como um professor para o apoio ao ensino de Física, chatbot Lassalinho (Gomes *et al.*, 2005) que é um bate-papo em ambiente de ensino para melhor interação com o usuário e o Ada do Bolton College como exemplo de um chat para perguntas sobre o conteúdo passado em sala de aula (Hussain, 2017).

Conforme exibido no relatório Hype Cycle for Emerging Technologies 2018 (Gartner, 2018), que aponta um crescimento de interfaces conversacionais no período de dois a cinco anos, estando esta tecnologia, como um dos principais aplicativos baseados em IA, onde, até 2022, 70% dos trabalhadores de cargo superior irão interagir com chatbots diariamente (Laurence, 2019). Até 2020, tecnologias de sistemas conversacionais chegarão a mais de 85% dos centros de atendimento ao cliente sendo os "bots" capazes de realizar atendimento personalizado e de reconhecimento de voz (Lucchesi *et al.*, 2018).

Um dos principais desafios no desenvolvimento de chatbots é a naturalidade da linguagem, tendo em vista que o principal objetivo dos agentes conversacionais é instigar um diálogo, utilizando uma linguagem que apresenta caráter motivacional influenciando o usuário a continuar ou não a interação (Lucchesi *et al.*, 2018). É elucidado a utilização de elementos motivacionais no contexto educacional como um meio facilitador para o aprendizado e apoio às atividades. Levando em consideração as variáveis motivacionais, objetivos de realização e valorização da aprendizagem, os resultados estão limitados a algumas condições, tais como: "(i) características do ambiente de aprendizagem; (ii) conteúdo; (iii) público; (iv) características dos alunos; (v) função e design do agente; visto que, efeitos negativos, como o desprezo ao agente e falta de curiosidade, também podem ser produzidos" (Lucchesi *et al.*, 2018).

6. Metodologia

Foram realizadas pesquisas a respeito do uso de ambientes virtuais para o aprendizado, seu funcionamento, características e acessibilidade para pessoas com deficiência auditiva, com a finalidade de apresentar funcionalidades e possíveis melhorias. Alguns dos termos procurados foram "acessibilidade em ambientes virtuais", "características de ambientes acessíveis", "chatbot para o meio acadêmico", "desenvolvimento de um chatbot", "acessibilidade para o Moodle".

Para apresentação de estatísticas, outra pesquisa foi realizada com o intuito de mostrar a quantidade de alunos deficientes, de nível superior, que precisam migrar de suas cidades de origem, buscando uma instituição que tenha infraestrutura para auxiliar em seus desenvolvimentos.

Para a coleta de material, foram extraídas, do site do INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisa Educacionais), 10.793.935 linhas que reúnem dados de alunos matriculados em Instituições de Ensino Superior (IES), no ano de 2016, juntamente com os códigos dos municípios do Brasil, retirados do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em que também foram coletados dados com as informações sobre IES no Brasil.

A linguagem escolhida para coleta e manipulação de dados foi a Linguagem R, pois vem se especializando em coleta, análise, manipulação e visualização gráfica de dados estatísticos. Além de possuir uma ampla variedade de técnicas estatísticas e gráficas, R também possibilita importar, utilizar pacotes, bibliotecas com dados e funções de diferentes áreas de conhecimento relacionado à estatística e suas subáreas.

Após a coleta, foi necessário um pré-processamento para a remoção de ruídos, retirando todas as informações inconsistentes ou com dados ausentes, de forma a conter apenas os dados essenciais para continuidade do trabalho. Depois, importado o arquivo com os dados das IES e realizada a troca de encoding, para facilitar a leitura e manipulação; em seguida, selecionando apenas as colunas úteis para análise, como UF da IES, sigla, região, etc. Este arquivo foi exportado e, nele, foram acrescentadas as colunas com dados dos demais arquivos, como o código dos municípios brasileiros, UF, nome da cidade, etc. Houve remoção de acentos. Finalmente, foram separados apenas os dados em que os estudantes não se encontravam em suas cidades ou estados de nascimento (município ou UF diferente).

Para a manipulação dos dados, foi utilizada a biblioteca *dplyr*, um pacote da linguagem R que, além de possuir funcionalidades para manipulação de dados, facilita o trabalho com essas funções, pois permite trabalhar com verbos, tornando o código mais legível, e permite que os dados sejam manipulados como uma tabela de banco de dados. Após limpeza e manipulação de dados, houve diminuição no tamanho do arquivo, passando de 4.8GB para 190MB.

Os dados obtidos foram separados entre cidades e capitais com maior número de universitários de cidades ou estados diferentes. A estratégia de apresentação foi determinada de forma a mostrar a quantidade de deficientes que estão fora de suas cidades ou estados, em busca de um local que atenda suas necessidades, e quais cidades/estados que mais receberam pessoas portadoras de deficiência. Para sua visualização, foi importada e utilizada a biblioteca ggplot2, que é um pacote do R, utilizado para criação e visualização de gráficos estatísticos.

7. Resultados

Após análise dos dados, foi constatado que 57,38% estudaram em uma cidade diferente da que nasceram e 22,83% estavam em um estado diferente. Com estes dados, separando-os por coordenadas geográficas do Brasil, obtemos a relação das cidades e capitais que mais receberam estudantes de outras localidades do país, a qual é ilustrada pela figura 1.

Cruzando estes dados de estudantes que migraram de suas cidades com os dados de alunos matriculados em curso superior, podemos observar que há uma alta taxa de alunos que eram de outro estado, que não o da IES em que cursaram o nível superior, ilustrado pela figura 2.

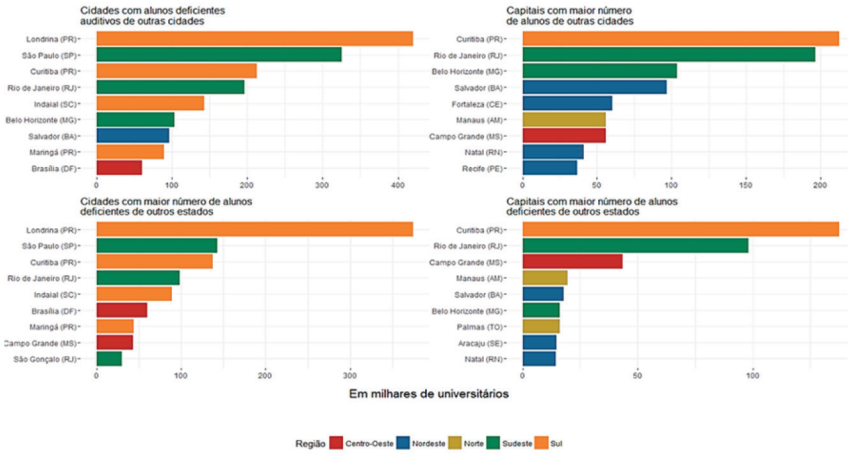


Figura 1 – Quantidade de alunos por cidade

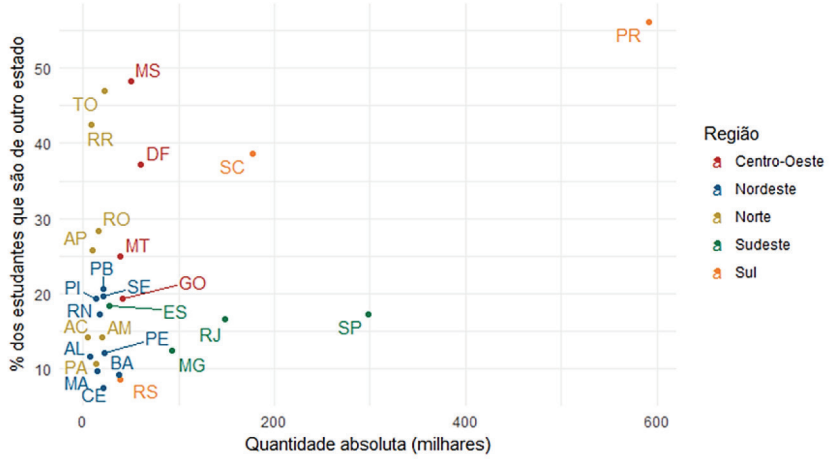


Figura 2 – Quantidade absoluta e percentual do total de universitários deficientes auditivos de outros estados para cada unidade da federação.

A partir desse gráfico, podemos observar que o Paraná é o estado em que as IES possuem melhor estrutura para receber estudantes de outros estados, recebendo cerca de 600 mil alunos de outras regiões, assim como demonstra ser o mais preparado para lidar com pessoas com deficiência auditiva. Por outro lado, os estados do Maranhão e Ceará foram os que menos receberam estudantes de outras regiões, podendo ser considerados como locais em que as IES não possuem estruturas adequadas para recepcionar estudantes.

Arrisca-se dizer que, o fato da região nordeste ser mais "pobre" possui impacto negativo na reputação das IES da região, não havendo, assim, investimento em estrutura, resultando na preferência pelas regiões sul e sudeste do país, por exemplo, que atraem mais estudantes de outras regiões.

Falta ao governo um órgão responsável por avaliar as necessidades dos alunos, avaliar o que já temos implantado que atende tais necessidades e levar melhorias às demais localidades do país, visando a qualidade e a excelência no ensino de pessoas com deficiência.

8. Conclusões

A computação tem como objetivo auxiliar o ser humano a executar suas tarefas cotidianas. Desse modo, o computador tornou-se uma ferramenta indispensável para o desenvolvimento do ser humano em geral, e dos possuidores de deficiência em particular. Dentro desse contexto de acessibilidade, é importante que o material didático que será usado, bem como a sua devida operacionalização, cumpram os requisitos mínimos de acessibilidade na web.

Apresentou-se neste artigo as características de um ambiente virtual de aprendizagem adequado às pessoas com deficiência auditiva, com os princípios a serem levados em consideração para o seu pleno processo de acessibilidade. Tais princípios pressupõem que os elementos apresentados ao usuário sejam facilmente perceptíveis, operáveis, compreensíveis e que o ambiente apresente robustez a ponto de ser acessado por qualquer dispositivo. A Inteligência Artificial também foi apresentada como sendo aplicável de forma a atender ao usuário com deficiência auditiva, adaptando-se a sua forma de utilização do ambiente de aprendizagem, provendo-lhe o adequado suporte.

Espera-se que esta pesquisa tenha colaborado para a compreensão da importância da promoção da acessibilidade ao deficiente auditivo no ambiente educacional. Deseja-se, desse modo, que os benefícios do ensino a distância aos estudantes com esta deficiência possam ajudá-los a inserir-se no meio acadêmico, e proporcionem, assim, a realização de seus sonhos de formação universitária.

Referências

Admithub. (2016). *AdmitHub launches first college chatbot with Georgia State*. Retrieved from: https://www.admithub.com/blog/admithub-launches-first-college-chatbot-with-georgia-state/

Avegliano, P.B. (2008). *Simulação da formação de parcerias entre agentes baseadas no conceito de reputação*. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Barbosa, E.D.R.A. (2018). Acessibilidade para surdos na educação a distância: uma experiência voltada à produção escrita. *Revista Inventário*, (22), 169-176.

Becker, B. (2015). *A mídia e a modernidade: uma teoria social da mídia. Capítulo 03: o advento da interação mediada*. Retrieved from: http://gitsufba.net/a-midia-e-a-modernidade-uma-teoria-social-da-midia-capitulo-03-o-advento-da-interacao-mediada/

Carvalho Jr., C.F.D. *et al.* (2018). Chatbot: uma visão geral sobre aplicações inteligentes. *Revista Sítio Novo*, v. 2, n. 2, p. 68-84.

Conforto, D. & Santarosa, L.M.C. (2002). Acessibilidade à Web: Internet para todos. *Informática na educação: teoria & prática. Porto Alegre. Vol. 5, n. 2 (nov. 2002), p. 87-102*.

Dougiamas, M. & Taylor, P.C. (2002). Interpretive analysis of an internet-based course constructed using a new courseware tool called Moodle. *2nd conference of herdsa (the higher education research and development society of australasia)*, pp. 7-10.

Frias, E.M.A. & Meneses, M.C.B. (2008). Inclusão escolar do aluno com necessidades educacionais especiais: contribuições ao professor do ensino regular. *PDE, FAFIPA*, 1462-8.

Gabardo, P., de Quevedo, S. R., & Ulbricht, V. R. (2010). Estudo comparativo das plataformas de ensino-aprendizagem. *Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação*, (2. sem.), 65-84.

Gartner. (2018). *Gartner identifies five emerging technology trends that will blur the lines between human and machine, newsroom*. Retrieved from: https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2018-08-20-gartner-identifies-five-emerging-technology-trends-that-will-blur-the-lines-between-human-and-machine

Gomes, R.S., Barbosa, D.N.F., Geyer, C.F.R. (2005). Lassalinho: um agente pedagógico animado em um ambiente multiagente para educação a distância. *RENOTE: revista novas tecnologias na educação*. Porto Alegre, RS.

Hermida, J.F. & Bonfim, C.R.D.S. (2006). A educação à distância: história, concepções e perspectivas. *Revista HISTEDBR On-line, Campinas, n. especial*, 166-181.

Hübner, J.F., Bordini, R.H., Vieira, R. (2004). Introdução ao desenvolvimento de sistemas multiagentes com Jason. *XII Escola de Informática da SBC*, v. 2, p. 51-89. Porto Alegre.

Hussain, A. (2017). *Ada - Bolton College's Latest Digital Assistant*. Retrieved from: http://www.aftabhussain.com/ada.html

Jesus, C.S. (2018). *Trabalhando com diferenças: a percepção dos jovens adultos da área administrativa em relação à inclusão de pessoas deficientes no mercado de trabalho*. Trabalho de Conclusão de Curso Graduação em Administração. Centro Universitário Adventista de São Paulo, São Paulo.

Laurence, G. (2019). The proliferation of chatbots in the modern workplace calls for IT leaders to create a conversational platform strategy that ensures an effective solution for employees, customers and key partners. Retrieved from: https://www.gartner.com/smarterwithgartner/chatbots-will-appeal-to-modern-workers/

Laurillard, D. (1993). *Rethinking University Teaching: Rethinking University Teaching: a Framework for the Effective Use of Educational Technology*. Routledge.

Legoinha, P., Pais, J., Fernandes, J. (2006). O Moodle e as comunidades virtuais de aprendizagem. *VII Congresso Nacional de Geologia 2006*. Sociedade Geológica de Portugal, Lisboa.

Leite, M. T. M. (2006). O ambiente virtual de aprendizagem Moodle na prática docente: conteúdos pedagógicos. *Versão Digital*.

Leonhardt, M.D., Neisse, R., Tarouco, L.M.R. (2003). MEARA: um Chatterbot temático para uso em ambiente educacional. *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*. p. 81-88. São Paulo.

Lopes, G.K.F. (2017). O uso das tecnologias no processo de ensino e de aprendizagem do surdo: Libras em educação à distância. *Revista Virtual de Cultura Surda*. Petrópolis.

Lucchesi, I.L., Silva, A.R., Abreu, C., Tarouco, L.M.R. (2018). Avaliação de um chatbot no contexto educacional: um relato de experiência com metis. *RENOTE: revista novas tecnologias na educação*, v. 16, n. 1.

Moodle. (2019). *About Moodle*. Retrieved from: https://docs.moodle.org/37/en/About_Moodle

Morgado, L. (2001). O papel do professor em contextos de ensino" online": problemas e virtualidades. *Discursos*, (especial), 125-138.

Mugnol, M. (2009). A educação a distância no Brasil: conceitos e fundamentos. *Revista Diálogo Educacional*, *9*(27), 335-349.

Nunes, E.V., Busarello, R.I., Dandolini, G., de Souza, J.A., Ulbricht, V.R., Vanzin, T. (2011). Construção de objetos de aprendizagem acessível: foco na aprendizagem significativa. *Cadernos de Informática*, *6*(1), 245-248.

Nunes, I.B. (1993). Noções de educação a distância. *Revista Educação à Distância*, *4*(5), 7-25.

Passerino, L.M. & Montardo, S.P. (2007). Inclusão social via acessibilidade digital: proposta de inclusão digital para pessoas com necessidades especiais. *E-Compós* (vol. 8).

Perles, J.B. (2007). Comunicação: conceitos, fundamentos e história. *Biblioteca on-line de Ciências da Comunicação*.

Pivetta, E.M., Saito, D.S., Almeida, A.M.P., Ulbricht, V.R. (2013). Contribuições para o design de interface de um Ambiente Virtual de Ensino Aprendizagem acessível a surdos. *InfoDesign-Revista Brasileira de Design da Informação*, *10*(2), 193-206.

Prado, C., Vaz, D.R., Almeida, D.M. (2011). Teoria da aprendizagem significativa: elaboração e avaliação de aula virtual na plataforma Moodle. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 64(6), 1114-1121.

Preti, O. (1996). Educação a distância: uma prática educativa mediadora e mediatizada. *Educação a Distância: inícios e indícios de um percurso. NEAD/IE/UFMT. Cuiabá: UFMT.*

Ramsden, P. (2003). *Learning to teach in higher education*. Routledge.

Rothermel, A., Domingues, M. J. C. D. S (2007). MARIA: Um chatterbot desenvolvido para os estudantes da disciplina "Métodos e Técnicas de Pesquisa em Administração". *Seget-Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia*, Resende.

Sabbatini, R.M. (2007). Ambiente de ensino e aprendizagem via Internet: a Plataforma Moodle. *Instituto EduMed*, 7.

Saviani, D. (2008). *A pedagogia no Brasil: história e teoria*. Autores associados.

Shawar, B.A., Atwell, E. (2007). Different measurements metrics to evaluate a chatbot system. *Association for Computational Linguistics*, Strodsburg, PA, USA.

Sotto, L.F.D.P., Costa, V.D.C. (2015). Chatbot com aprendizado a partir de diálogos. *Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de São Paulo*, São Paulo.

Teodoro, V.D. & Freitas, J.C. (1992). Educação e computadores. *Ministério da Educação–Gabinete de Estudos e Planeamento*. Lisboa.

Vasconcelos, S. P. G. D. (2010). Educação a distância: histórico e perspectivas. *Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Disponível em:< http://www. filologia.org. br/viiifelin/19.htm>. Acesso em*, *29*(07).

W3C. (2016). *Introduction to Understanding WCAG 2.0*. Retrieved from: https://www.w3.org/TR/UNDERSTANDING-WCAG20/intro.html#introduction-fourprincs-head

W3C Brasil. (2011). *World Wide Web Consortium Escritório Brasil*. Retrieved from: http://www.w3c.br/Sobre

W3C WAI. (2019). *W3C Web Acessibility Initiative (WAI)*. Retrieved from: http://w3c.org/wai

World Health Organization. (2011). *World report on disability 2011*. World Health Organization.

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

Recebido/Submission: 10/11/2019
Aceitação/Acceptance: 18/01/2020

Sistema de Gestión de Investigación: Proceso y Reglas de Negocios

Alejandro Flores Zuñiga[1] y Cristian Salazar Concha[1]

alejandro.flores@uach.cl, cristiansalazar@uach.cl

[1] Instituto de Administración, Universidad Austral de Chile, Los Laureles Nº 35 Interior, Campus Isla Teja, código postal 5090000 Valdivia, Chile.

Pages: 148–158

Resumen: El presente artículo muestra el modelo de negocios asociado a un sistema de gestión de la investigación universitario, definiéndose procesos, reglas de negocios y estados de las distintas actividades de investigación postuladas a fondos concursables. El resultado ha sido sistema que opera sobre la plataforma web orientado a facilitar la gestión de la investigación al incluir un conjunto de servicios de utilidad de uso exclusivo por parte de usuarios en base a su perfil (ejecutivos, investigadores, visitantes y otros). La información gestionada tiene relación con programas, proyectos, eventos y productos resultantes de las actividades de investigación realizadas. A nivel estratégico dispone de un conjunto de indicadores de gestión y de estadísticas relacionadas con las capacidades de investigación disponibles. La plataforma ha sido desarrollada e implementada en una institución de educación superior en Chile y provee información orientada a satisfacer las necesidades de sus principales stakeholders.

Palabras-clave: Sistemas de gestión de investigación, reglas de negocios, estados de objeto, bases de datos.

Research Management System: Business Process and Rules

Abstract: This article shows the business model associated with a university research management system, defining processes, business rules and states of the different research activities submitted to competitive funding. The result has been a system that operates on a web platform with the purpose of facilitating the management of research by including a set of utility services for exclusive access by users based on their profiles (executives, researchers, visitors and others). The information managed is related to programs, projects, events and products resulting from the research activities carried out by researchers. At the strategic level, it has a set of management indicators and statistics data related to the research capabilities of an organization. The platform has been developed and implemented in a higher education institution in Chile and provides information aimed at meeting the needs of its main stakeholders.

Keywords: Research management systems, business rules, object states, databases.

1. Introducción

En el campo de la investigación, el mercado de información pública se caracteriza por su imperfección, la que afecta tanto a investigadores, financistas, administradores y autoridades en los procesos que les conciernen (Guerrero Useda, 2005; Palomo, Veloso, & Schmal, 2007). A las autoridades en sus procesos de toma de decisiones en materia de asignación de fondos a la investigación; a los administrativos en sus procesos de ejecución y control presupuestario de los programas y proyectos en curso; a los financistas y/o potenciales financistas en sus procesos de provisión de fondos destinados a la investigación como así también en las decisiones referentes a su asignación; y a los investigadores en sus procesos de búsqueda de financiamiento, de presentación de proyectos, de emisión de informes, y de publicación de resultados (Azeroual, Saake, & Schallehn, 2018; Biesenbender, Petersohn, & Thiedig, 2019; Palomo et al., 2007). Es más, a las instituciones que realizan actividades de investigación con financiamiento público, les interesa transparentar y facilitar la generación y desarrollo de la capacidad investigativa e innovadora de los investigadores, con el fin de proporcionar un apoyo mayor y de más alta calidad a las empresas y organizaciones a las que se presentan servicios (Biesenbender et al., 2019). De esta forma es posible contribuir de mejor forma al logro de objetivos empresariales y gubernamentales, en relación a la innovación, investigación y desarrollo, con una visión más amplia y eficiente (Palomo et al., 2007; Schmal & Flores, 2003). Del mismo modo, con una mayor exposición y apertura de la investigación y sus resultados es posible alcanzar mayores niveles de democratización en la investigación y el conocimiento científico (Arza & Fressoli, 2017; Biesenbender et al., 2019; Gagliardi, Cox, & Li, 2015; Kulczycki, 2016).

Para enfrentar en forma exitosa la competitividad de los mercados internacionales, como causa–efecto de la globalización y las nuevas tecnologías de comunicación e información, emerge la necesidad de fomentar la modernizar la gestión ya sea en organizaciones públicas como en privadas. En este sentido, se están promoviendo políticas conducentes a fortalecer la existencia de mercados abiertos, sin mayores barreras de entrada y salida a oferentes y demandantes, con multiplicidad de éstos y donde los interesados puedan acceder a la información de interés para sus respectivos procesos operativos, tácticos y estratégicos. Lo anterior también aplica a instituciones responsables de promover y desarrollar la investigación por la vía de facilitar el trabajo colaborativo de sus investigadores, la integración de la información científica (Quix & Jarke, 2014), el acceso a fondos concursables internos y externos, como así también la divulgación científica e interacción entre grupos de investigación tanto a nivel local como internacional (Guerrero Useda, 2005).

En los últimos años se ha incrementado el número sitios de universidades, institutos y organismos orientados a la divulgación científica. Pese a este incremento, la mayoría de las plataformas se caracterizan por ser preferentemente presenciales e informativos respecto a los investigadores de que disponen, con limitado o inexistente acceso a bases de datos respecto de los proyectos realizados o que se encuentran en ejecución, así como sus resultados y producción científica relacionada (publicaciones, licencias, patentes, etc.). Además, pese a que la definición de estándares de información científica se ha desarrollado desde los años ochenta (Quix & Jarke, 2014), a nivel de organizaciones nacionales e internacionales su uso para el registro, almacenamiento e intercambio

de información científica ha sido limitado principalmente a proyectos y publicaciones (Biesenbender et al., 2019). En este sentido Limitando de esta forma las capacidades de integración de información y, por tanto, la provisión de información de actividades de investigación y de indicadores de productividad científica confiables (McDonnell & Kerridge, 2017; Quix & Jarke, 2014; Vancauwenbergh & Poelmans, 2019).

A la luz de las posibilidades que ofrecen actualmente las nuevas tecnologías de información y comunicación, concretadas en la disponibilidad y acceso a Internet a bajo costo y altas velocidades, se plantea la conveniencia de desarrollar una plataforma electrónica de gestión de la investigación que satisfaga requerimientos tanto de nivel operativo, táctico como estratégico (Palomo et al., 2007; Vancauwenbergh & Poelmans, 2019). La información almacenada y gestionada por la plataforma sirve de utilidad a las autoridades institucionales, sus investigadores y de los diferentes actores interesados en el trabajo investigativo y sus resultados, en particular empresarios e instituciones gubernamentales (Wu, Stvilia, & Lee, 2017). El resultado ha sido el desarrollo e implementación de una aplicación web de fácil acceso y que satisface un conjunto de requerimientos tanto a nivel operativo, táctico como estratégico. En este sentido, la información gestionada por la plataforma es de utilidad para autoridades institucionales, investigadores y diferentes actores interesados en el trabajo investigativo y sus resultados. El sistema se estructuró de manera tal que entregue un conjunto de servicios a determinados usuarios, según perfiles de acceso predefinidos. La información se ha clasificado en áreas de investigación, unidades académicas y fondos a los cuales es posible postular. Los resultados son presentados con diferentes grados de agregación dependiendo de los perfiles de acceso establecidos. A nivel estratégico se estableció un conjunto de indicadores y estadísticas de utilización de capacidades de investigación y uso de recursos disponibles (Vancauwenbergh & Poelmans, 2019).

2. Marco para un sistema de gestión de investigación universitario

Un punto crucial en la definición de un sistema de gestión de investigación on-line es la identificación de la audiencia y el marco institucional en el que el sistema se desenvolverá. Las audiencias proporcionan información relevante sobre las características de la información requerida y sus potenciales usos, facilitando de esta forma la definición de los requerimientos que un sistema de gestión de investigación (SGI) debe cumplir (Vancauwenbergh & Poelmans, 2019; Wu et al., 2017). Por su parte, el marco institucional muestra la interacción de un SGI con otros sistemas y subsistemas al interior de una organización como así también con organizaciones privadas y gubernamentales externas (Guerrero Useda, 2005; Palomo et al., 2007; Wu et al., 2017).

Las audiencias identificadas y definidas para el SGI propuesto corresponden a: Gerencias Superiores; Gerencia de Investigación y Desarrollo; Revisores y evaluadores; Responsables de la gestión presupuestaria; Directores de unidades operativas, programas o proyectos donde se realizan los trabajos de investigación; los investigadores propiamente tales; y los visitantes, audiencia precisada como aquella no adscrita a alguna de las otras audiencias. Entre los visitantes, de especial relevancia

serán quienes aspiran visualizar posibles soluciones a sus problemas, así como posibles proyectos de su interés.

Institucionalmente el sistema de gestión de investigación se enmarca en el campo de la producción intelectual que se interrelacionan con subsistemas asociados inicialmente al campo de la gestión financiera y con el desarrollo académico (en el caso de instituciones de educación superior universitarias). Mientras que externamente, el sistema se enmarca un ecosistema de investigación y producción científica gobernado por las plataformas gubernamentales de financiamiento en investigación y desarrollo.

3. Modelo de Gestión para un Sistema de Investigación en línea

La generación y desarrollo de la capacidad investigativa, creativa e innovadora de los investigadores es un compromiso adquirido por universidades, centros de tecnológicos y instituciones de investigación (Palomo et al., 2007). Para generar un modelo de gestión adecuado el primer paso es comprender los mecanismos y procedimientos asociados a la labor de investigación como un sistema complejo de interacciones. En una primera etapa, la organización determina un marco estratégico que oriente los esfuerzos en cada una de las unidades tácticas y operativas. En una segunda etapa, se deben establecer los mecanismos y herramientas de apoyo que facilitarán el logro de los objetivos establecidos. Finalmente, a un nivel más operacional es requerido detectar cuales son los insumos (potenciales fuentes de financiamiento, recursos y necesidades de investigación) y productos del proceso (papers, patentes, nuevos productos, servicios, etc.) que facilitaran el funcionamiento del proceso. La Figura 1 muestra una representación gráfica del marco general para un modelo de gestion aplicable a un Sistema de Gestión de Investigación para una organización universitaria.

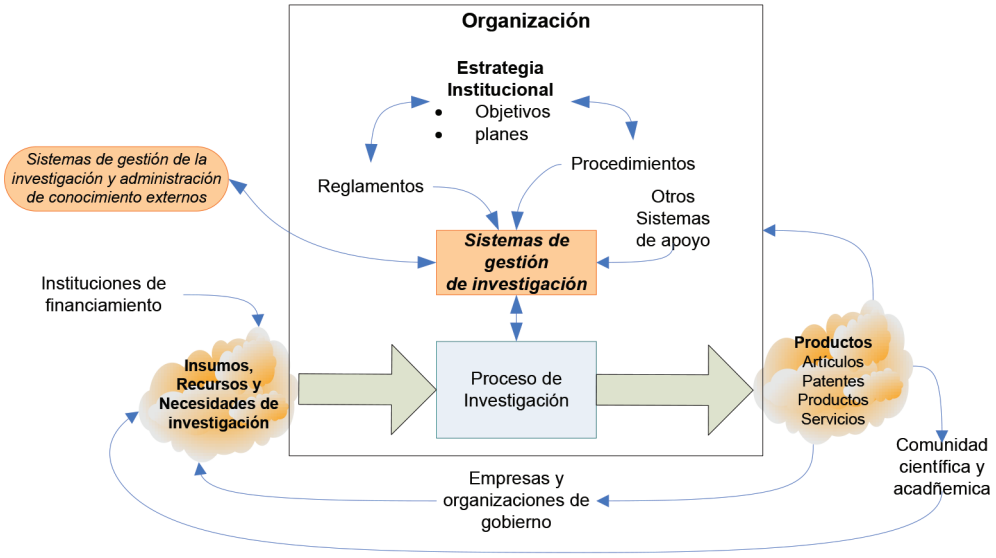


Figura 1 – Marco general de un modelo de gestión para un Sistema de Gestión de Investigación

3.1. Elementos de un sistema de gestión de investigación.

Al definir un sistema de gestión con características como las previamente descritas se debe contemplar el espectro de acciones que ejecutarán los potenciales usuarios, como así también los procedimientos, reglas y restricciones asociados. En el caso práctico del Sistema de Gestión de Investigación universitario, se definen los siguientes procesos de interés para el desarrollo:

- **La postulación**: corresponde al proceso por el cual un investigador o equipo investigativo presenta una actividad de investigación (proyecto, programa u otra actividad de investigación financiable por fondos concursables), con el objeto de acceder a fondos públicos y/o privados, estos fondos pueden ser de carácter interno, externo o mixto. La postulación conlleva a un conjunto de actividades y definición de estados para los objetos resultantes de la investigación. El proceso de postulación es gobernado por la unidad de gestión de la investigación.
- **Gestión de postulación**: se establece la existencia de una unidad especializada en el ámbito de la investigación, cuya responsabilidad es velar por el cumplimiento de las políticas de investigación de la institución, gestionar la capacidad de producción científica, organizar los periodos de postulación a fondos concursables y gestionar el proceso de postulación. Esta labor es conocida como gestión de postulación. Su responsabilidad se extiende a la superación del ciclo de vida de la actividad de investigación desde su concepción (formulación) hasta su finalización (cierre y generación de productos científicos).
- **Registro de producción científica y actividades de investigación**: El sistema debe permitir el registro de información de ponencias, publicaciones, presentaciones, patentes, creaciones, visitas, etc. Información de relevancia para la generación de indicadores de productividad científica confiables y con distintos niveles de agregación, lo que facilitará el análisis y toma de decisiones a nivel táctico y estratégico.
- **Visualizar actividades de investigación**: una institución de investigación ya sea pública o privada, se ve en la obligación de presentar sus resultados a la comunidad científica, como así también a sus stakeholder (autoridades, administradores, instituciones financistas públicas y privadas, etc.). Esto sirve para transparentar la labor de investigación y a su vez permite el acceso a la información a personas o instituciones que se interesen en generar oportunidades de investigación o de negocios (transferencia tecnológica).
- **Visualización de indicadores**: a nivel táctico y estratégico el sistema genera un agregado de indicadores de investigación útiles en la obtención de recursos gubernamentales como así también su asignación a unidades y grupos de investigación internos.
- **Visualización de información de investigadores**: a nivel individual, una plataforma de información de investigación integrada es capaz de generar un currículo asociada a cada investigador que muestre su historial de producción científica. En este sentido, es posible generar vistas que contengan lista de proyectos en los cuales un investigador participa o ha participado, como así también el registro de su productividad científica acumulada.

La Figura 2, diagrama de casos de uso (Booch, 2017), muestra la interacción de estos elementos y como los distintos usuarios (actores) intervienen en el sistema. Adicionalmente se presentan desagregaciones en la postulación, lo que permite identificar las actividades de investigación consideradas como primordiales para la institución (programas, proyectos y eventos). El sistema debe presentar información de investigación y verificar la entrada a los usuarios según los perfiles de acceso establecidos.

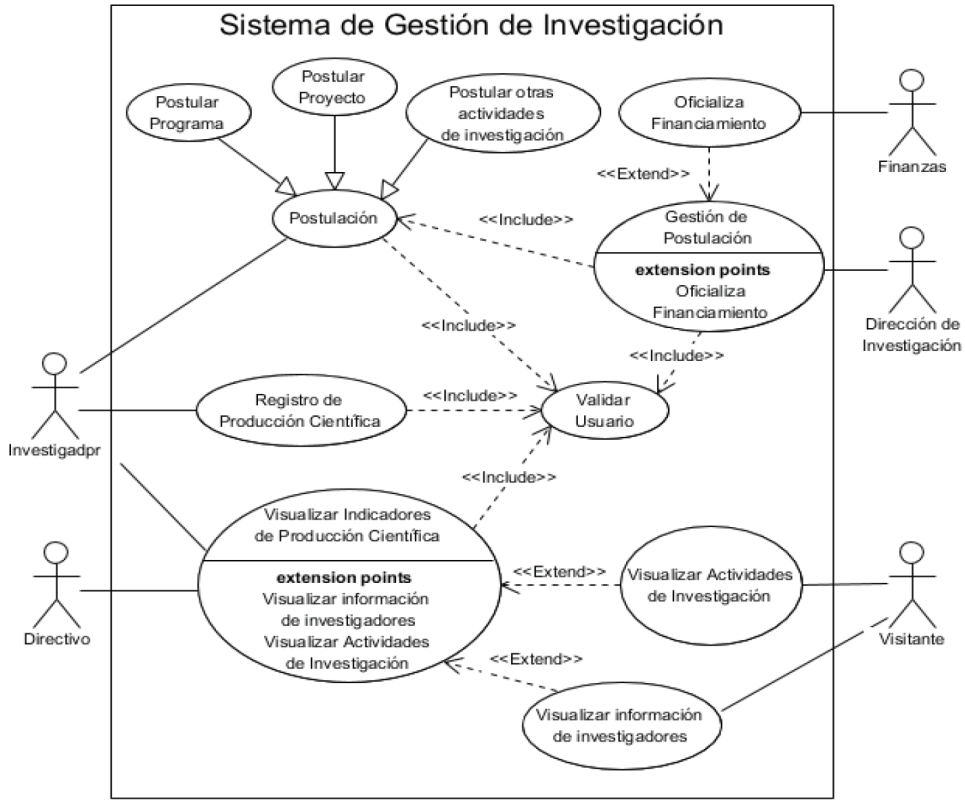


Figura 2 – Modelo de casos de uso, representación del Sistema de Gestión de Investigación

3.2. Reglas de negocios

Para establecer el correcto comportamiento de un sistema de investigación se han definido un conjunto de reglas negocios, las cuales han sido incorporadas a los procesos de postulación y estados asociados a las actividades de investigación. A continuación, se indican y definen dichas reglas de negocios.

- **Regla de la formulación**: Los proyectos deben ser completados según el formulario en formato electrónico presentado por la Dirección de Investigación,

el cual está disponible en el sitio Web de investigación, cuyo llamado debe satisfacer las especificaciones establecidas en la política de investigación universitaria.

- **Regla de la evaluación**: todo proyecto postulado será evaluado por una pauta estandarizada que medirá aspectos científicos y técnicos en base a criterios previamente definidos y que serán de público conocimiento. Estos criterios deben ser puestos a disposición de los potenciales postulantes en el documento de bases del concurso al fondo de investigación.
- **Regla de la espera para evaluación**: Todo proyecto postulado tendrá un plazo adicional de espera, una vez que éste ha sido registrado (dependiendo de los plazos de apertura y cierre de fondos) para la revisión y modificación por parte del investigador o equipo de investigadores responsables del proyecto. Para hacer efectivo esto, primero es necesario que el pazo final de postulación aún no se cumpla y que el investigador responsable solicite el cambio de estado del proyecto desde "en postulación" a "en formulación".
- **Regla del Rechazo**: Una actividad postulada mal evaluada pasará, en una primera instancia, al estado de rechazado. Si el investigador responsable de la postulación lo estime conveniente, podrá solicitar que se modifique el estado para ser reformulado y presentado en el fondo correspondiente al periodo siguiente al de la postulación original.
- **Regla monto Asignado**: No se puede asignar, a una actividad de investigación, un monto mayor al solicitado por el equipo de investigadores. Tampoco podrá ser posible asignar un monto mayor al establecido en las bases del concurso, tanto para los ítems individuales como para el monto total postulado al momento de presentar el formulario de formulación de la actividad.
- **Regla de los Resultados**: Todo resultado o producto generado por una actividad de investigación debe estar asociado a ésta. Se consideran como resultados ponencias en congresos nacionales o internacionales, publicaciones en revistas científicas indexadas, prototipos, diseños, patentes, artefactos y software.
- **Regla de la solicitud de cierre**: Un investigador podrá solicitar el cierre de una actividad de investigación solo cuando se encuentren disponibles los informes (parciales y finales), como así también los resultados comprometidos de la ejecución de la actividad (ver punto anterior). Lo anterior según lo definido en la etapa de formulación de la actividad de investigación.
- **Regla cierre**: Un proyecto podrá ser cerrado definitivamente (pasar al estado de Ejecutado) solo cuando, una vez cumplido el plazo establecido en su formulación, se haya liberado el informe final. Una excepción a esta regla es que, una vez finalizado el plazo máximo de espera para la entrega del informe final, la Dirección de Investigación decida cerrar el proyecto bajo incumplimiento de compromiso.
- **Regla de la reapertura**: un proyecto podrá ser reabierto solo si se encuentra en el estado de cierre y no se ha entregado el informe final. La reapertura se define como el cambio de estado desde "en cierre" a "en ejecución" con el fin de incorporar nuevos resultados o efectuar nuevas acciones asociables a la etapa de ejecución del proyecto.

- **Regla de la actividad ejecutada**: Un proyecto que se encuentra en el estado de ejecutado no podrá ser modificado de estado.

3.3. Estados de una actividad de investigación

La máquina de estados es un comportamiento que especifica la secuencia de estados por las que pasa un objeto a lo largo de su vida en respuesta a eventos, junto con su respuesta a estos eventos. Un estado es la condición o situación en la vida de un objeto en el cual se cumple una condición, realiza una actividad o espera algún evento (Booch, 2017; Conallen, 2002). La vida de una actividad de investigación está definida por un conjunto de estados en los cuales puede permanecer, estos estados son (Palomo et al., 2007; Schmal & Flores, 2003):

1. **En Formulación**: estado inicial de un proyecto, en que el investigador formula una actividad de investigación (proyecto, evento o programa) completando los formularios definidos en el sistema. La regla de negocios asociada a este estado es la de formulación.
2. **En Postulación**: formulada la actividad de investigación, el investigador da a conocer la intención de postular la actividad al fondo correspondiente, por medio de la notificación aceptando (aceptar, ver figura 4) la postulación. La regla de negocios asociada a este estado son las de la espera para evaluación.
3. **En Evaluación**: los proyectos son evaluados técnica y financieramente siendo la regla de negocios asociada a este estado es la de evaluación.
4. **Rechazado**: las actividades de investigación que se encuentren en este estado son aquellas mal evaluadas en sus aspectos técnicos y/o financieros. La regla de negocios asociada a este estado es la del rechazo.
5. **En Oficialización**: la unidad financiera responsable oficializa la asignación de recursos destinados a financiar la actividad de investigación siendo la regla de negocios asociada a este estado es la del monto asignado.
6. **En Ejecución**: estado en cual las actividades de investigación son ejecutadas por el equipo de investigadores. El equipo se concentra en la generación de resultados (productos, servicios, publicaciones, patentes, etc.) y la entrega de informes. La regla de negocios asociada a este estado es la de los resultados.
7. **En Cierre**: el equipo informa del cierre de la actividad de investigación, con el fin de preparar su informe final. En este estado, los investigadores podrán solicitar la reapertura del proyecto con el fin de incorporar resultados alcanzados con posterioridad a la solicitud de cierre. Las reglas de negocios asociadas a este estado son las del cierre y la reapertura.
8. **Ejecutado**: el estado final de toda actividad de investigación es el de ejecutado, un proyecto en este estado no podrá ser modificado o replanteado. La regla de negocios asociada a este estado es la del proyecto ejecutado.

3.4. Diseño conceptual de una base de datos para un sistema de gestión de investigación.

Tomando como base a las definiciones de procesos, requerimientos de información, el conjunto de reglas de negocios y estados por los que atraviesa toda actividad de investigación se elaboró el diseño conceptual de bases de datos. El modelamiento de

datos refleja el contenido de las bases de datos generadas a partir de las especificaciones de los requerimientos de infracción planteados; en la figura 6 se presenta una versión simplificada del modelo conceptual que emerge de los elementos de diseño mencionados.

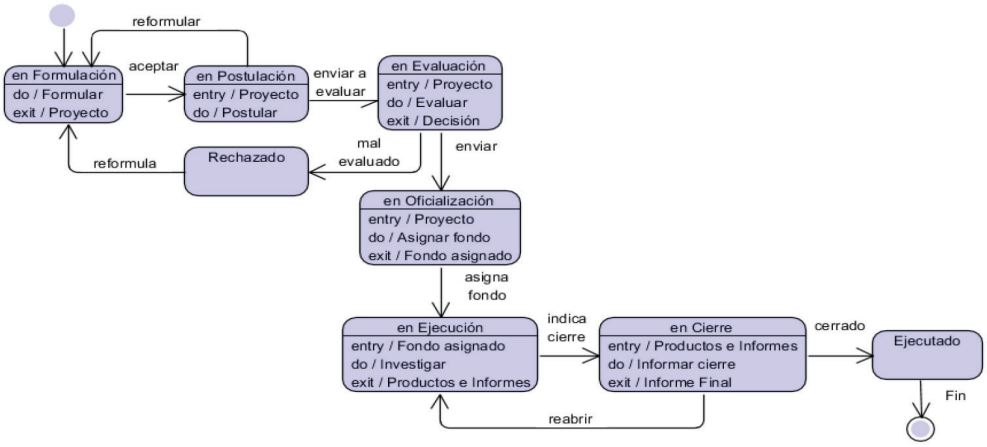


Figura 3 – Diagrama de estado de una actividad de investigación (proyecto, evento o programa)

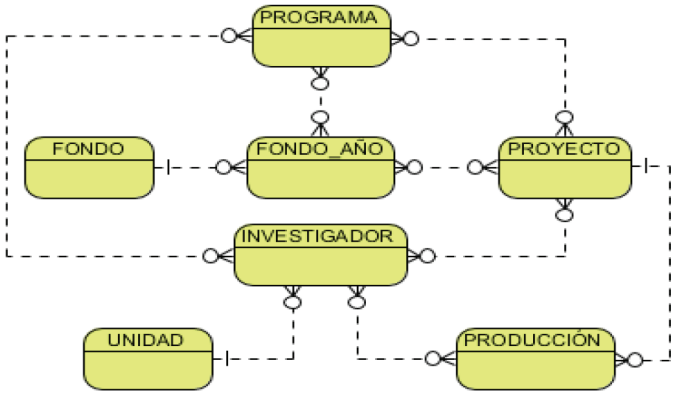


Figura 4 – Modelo conceptual de Datos para un Sistema de Gestión de Investigación

4. Conclusiones

El "valor agregado" del trabajo se concentra en la presentación de un conjunto de elementos y definiciones que forman la base para la construcción de un sistema de gestión de investigación para el caso de una institución universitaria. Para comprender

y capturar la realidad que interesaba recoger se utilizó el modelamiento unificado (Arlow & Neustadt, 2005; Booch, 2017; Conallen, 2002) el cual entrega un soporte visual y conceptual que facilita la comprensión de las transformaciones que los sucesivos procesos producen. Este esquema ya ha sido utilizado por el autor en trabajos anteriores (Schmal & Flores, 2003).

Como resultado de la fase de análisis se obtuvieron las especificaciones de las bases de datos (a nivel conceptual), un conjunto de reglas de negocios, definiciones de estados para los principales objetos presentes en el sistema (proyectos, eventos, fondos y programas) y acabada definición del proceso. Con estas especificaciones se construyeron físicamente las bases de datos y se procedió a diseñar los componentes, modelos de navegación y modelos de presentación. En etapas posteriores se desarrolla una aplicación liberándose diversas versiones de prueba hasta llegar a la etapa de producción.

La plataforma ha posibilitado la postulación directa de proyectos en el sitio Web sin necesidad de remitir formularios a oficinas administrativas, deduciendo el tiempo de recepción de postulaciones y distribución para evaluación. De mismo modo, los investigadores y stakeolders pueden conocer el estado en que se encuentran los proyectos postulados y financiados. Los investigadores pueden registrar los resultados de sus investigaciones y que estos se encuentren disponibles mediante la generación dinámica de informes en línea como así también la generación dinámica del currículo del investigador el cual contiene su historial de productividad científica registrada en la plataforma.

No menos relevante son las tareas futuras, correspondientes a integración con otros sistemas de información de productividad académica (docencia, extensión, transferencia tecnológica y vinculación con el medio)(Azeroual et al., 2018). Permitiendo de esta forma la generación de indicadores de productividad integrada a nivel del investigadores, programas, unidades y centros de investigación, tanto a nivel institucional como en para el ecosistema de innovación, investigación y desarrollo en el cual una organización se encuentra inmerso. Esto requiere del establecimiento de estándares de información y la integración de fuentes de información diversas (Vancauwenbergh & Poelmans, 2019), lo que facilitará el flujo de información entre los actores relevantes (Wu et al., 2017).

Referencias

Arlow, J., & Neustadt, I. (2005). *UML 2 and the Unified Process: Practical Object-Oriented Analysis and Design (2nd Edition)* Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.

Arza, V., & Fressoli, M. (2017). *Benefits of open science: An analytical framework illustrated with case study evidence from Argentina*. Paper presented at the 21st International Conference on Electronic Publishing, Amsterdam.

Azeroual, O., Saake, G., & Schallehn, E. (2018). Analyzing data quality issues in research information systems via data profiling. *International Journal of Information Management, 41*, 50-56. doi:https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.02.007

Biesenbender, S., Petersohn, S., & Thiedig, C. (2019). Using Current Research Information Systems (CRIS) to showcase national and institutional research (potential): research information systems in the context of Open Science. *Procedia Computer Science, 146*, 142-155. doi:https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.089

Booch, G. (2017). *The Unified Modeling Language User Guide* (2nd Ed.). Upper Saddle River, NJ: Addison-Wesley Object Technology Series.

Conallen, J. (2002). *Building Web Applications with UML* (2nd ed.). Boston, MA: Addison-Wesley Professional.

Gagliardi, D., Cox, D. A., & Li, Y. (2015). *Institutional Inertia and Barriers to the Adoption of Open Science*.

Guerrero Useda, M. E. (2005). Sistema para la Gestión de la Investigación. *Acta Colombiana de Psicología, 8*, 113-118. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-91552005000200009&nrm=iso

Kulczycki, E. (2016). Rethinking Open Science: The Role of Communication. *Analele Universitatii din Craiova, 37*(1), 81–97. Retrieved from http://hdl.handle.net/10593/14864

McDonnell, R., & Kerridge, S. (2017). Research Information Management System (KRIMSON) at Kent. *Procedia Computer Science, 106*, 160-167. doi:https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.03.012

Palomo, I. F., Veloso, C. G., & Schmal, R. F. (2007). Sistema de Gestión de la Investigación en la Universidad de Talca, Chile. *Información tecnológica, 18*, 97-106. Retrieved from https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642007000100014&nrm=iso

Quix, C., & Jarke, M. (2014). Information Integration in Research Information Systems. *Procedia Computer Science, 33*, 18-24. doi:https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.06.004

Schmal, R., & Flores, A. (2003). Un sistema de información para la Gestión de la investigación *Revista Digital Universitaria de la Universidad Autónoma de México (UNAM), 4*(1). Retrieved from http://www.revista.unam.mx/vol.4/num1/art41/index.html

Vancauwenbergh, S., & Poelmans, H. (2019). The creation of the Flemish research discipline list, an important step forward in harmonising research information (systems). *Procedia Computer Science, 146*, 265-278. doi:https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.01.075

Wu, S., Stvilia, B., & Lee, D. J. (2017). Readers, Personal Record Managers, and Community Members: An Exploratory Study of Researchers' Participation in Online Research Information Management Systems. *Journal of Library Metadata, 17*(2), 57-90. doi:10.1080/19386389.2017.1348783

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

Recebido/Submission: 01/12/2019
Aceitação/Acceptance: 05/02/2020

Propuesta de una herramienta portable para la ejecución de pruebas de carga en aplicaciones web

Gabriel Elías Chanchí G.[1], José Luis Vivas F.[2], Wilmar Yesid Campo M.[3]

gchanchig@unicartagena.edu.co, jvivasf@unicartagena.edu.co, wycampo@uniquindio.edu.co

[1,2] Universidad de Cartagena, Avenida del Consulado, calle 30 No. 39 B - 192, 130001, Cartagena de Indias, Colombia.

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

Pages: 159–172

Resumen: Ante la necesidad de construir herramientas académicas para la ejecución de pruebas de carga y generen información relevante sobre el rendimiento de aplicaciones web, en este artículo se propone como aporte una herramienta portable para la ejecución de pruebas de carga en aplicaciones web, denominada HEVAC. La herramienta propuesta usa en segundo plano de la herramienta apache benchmark (ab) y permite la ejecución de peticiones secuenciales y concurrentes, así como la obtención de la regresión lineal de las pruebas y las gráficas con los tiempos de respuesta obtenidos. Esta herramienta puede desplegarse en entornos SBC (Single Board Computer) y posibilita la ejecución de pruebas de carga en diferentes nodos de red. Así, la herramienta construida permite a administradores de red y desarrolladores identificar problemas que afectan el rendimiento, así como la fiabilidad y la capacidad de respuesta ante un número de peticiones determinado.

Palabras clave: aplicaciones web, peticiones concurrentes, peticiones secuenciales, pruebas de carga.

Proposal of a portable tool for the execution of load tests in web applications

Abstract: Given the need to build academic tools that allow the execution of load tests and generate relevant information on the performance of web applications, in this paper we propose as a contribution a portable tool for the execution of load tests in web applications, called HEVAC. The proposed tool makes use in the background of the apache benchmark tool (ab) and allows the execution of sequential and concurrent requests, as well as obtaining the linear regression of tests and graphs with the response times obtained. This tool can be deployed in SBC environments (Single Board Computer) and allows the execution of load tests in different network nodes. Thus, the built tool allows network administrators and developers to identify problems that affect performance, as well as reliability and responsiveness to a specific number of requests.

Keywords: concurrent requests, load tests, sequential requests, web applications.

1. Introducción

Con el crecimiento en el desarrollo de aplicaciones web y servicios en la nube, así como el amplio número de usuarios que las consumen y el creciente tráfico que demandan, cada vez se hace más necesario para los proveedores de servicios, administradores de red y desarrolladores garantizar el rendimiento, la fiabilidad y sobre todo la disponibilidad de estos servicios desplegados en internet (Garita-Araya, 2013; Ghosh & Daghherty, 2015). Lo anterior considerando que en el momento en que las aplicaciones desplegadas en la web alcanzan un pico de demanda, dejan de estar accesibles o presentan un rendimiento que no es aceptable para el usuario final (Micro Focus, 2017 ; Li & Liu, 2012 ; Jiang & Hassan, 2015).

Como alternativa a lo anterior, se hace uso de las denominadas pruebas de carga, las cuales son empleadas en el proceso de desarrollo, puesta en funcionamiento y mantenimiento de un servicio (Lewis, 2017), con el fin de diagnosticar los problemas que afectan el rendimiento, así como la fiabilidad y la capacidad de respuesta ante un número de peticiones determinado (Jiang & Hassan, 2015;Pradeep & Sharma, 2019). Al realizar peticiones secuenciales y concurrentes a una aplicación web, es posible determinar la relación entre el tiempo de respuesta de las peticiones y el número de peticiones. Es así como el análisis de los resultados de las pruebas de carga contribuye con el administrador de red o el desarrollador en cuanto a la mejora del rendimiento de los servicios (Jiang & Hassan, 2015; Guo, Chen, Qiu, & Tang, 2010¸ Abbas, Sultan, & Bhatti, 2017).

Dentro de las herramientas relacionadas para la ejecución de pruebas de carga se destacan JMeter[1], BlazeMeter[2], Blitz[3] y Gatling[4]. JMeter es un software abierto diseñado inicialmente como una herramienta de prueba de carga para aplicaciones web, luego extendido con otras funciones de prueba. BlazeMeter se ofrece en la modalidad de plataforma como servicio (PaaS), es compatible con JMeter, se enforca en aplicaciones web y móviles, y permite cargas escalables hasta 200,000 usuarios simultáneos. Blitz es un servicio de prueba de carga y rendimiento (SaaS) basado en la nube que permite hacer pruebas de carga de una aplicación web con hasta 200,000 usuarios y probarlas para identificar debilidades de infraestructura. Gatling es un marco para pruebas de carga de código abierto diseñado para medir el rendimiento de una variedad de servicios, con un enfoque en aplicaciones web. Aunque estas herramientas permiten la ejecución de pruebas de carga en línea no se ha evidenciado en estas el uso de técnicas de análisis de datos para la obtención de regresiones que permitan la generación de una función que defina la carga.

A partir de lo anterior, se hace necesario crear aplicaciones académicas que posibiliten la ejecución de pruebas de carga y generen información relevante sobre el rendimiento de aplicaciones web. En este artículo se propone como aporte la construcción de una herramienta portable para la ejecución de pruebas de carga sobre aplicaciones web, denominada HEVAC. La herramienta propuesta hace uso en segundo plano de la

[1] JMeter – http://jmeter.apache.org/
[2] BlazeMeter - https://www.blazemeter.com/
[3] Blitz - http://blitz.io
[4] Gatling - https://gatling.io/

herramienta apache benchmark (ab), la cual posibilita la ejecución desde consola de peticiones secuenciales y concurrentes. La herramienta HEVAC automatiza y enriquece las funcionalidades de apache benchmark, al permitir realizar las pruebas de carga mediante interfaz gráfica, así como posibilitar el análisis de regresión lineal y la generación de gráficas con las peticiones secuenciales y concurrentes. En este sentido, esta herramienta presenta como aporte, el uso de los algoritmos de minería de datos weka (Pandey, Rajpoot, & Rajpoot, 2016; Quiroga, Jaramillo, Campo, & Chanchí, 2017), la cual permite la obtención de la regresión lineal para las peticiones secuenciales y concurrentes. En lo referente a la portabilidad, la herramienta HEVAC ha sido diseñada e implementada para ser desplegada y aprovechar las ventajas de portabilidad de plataformas SBC (Single Board Computer) como Raspberry PI (Muñoz, Pérez, & Amador, 2018), con el fin de facilitar a administradores de red y/o ingenieros de redes la ejecución de diferentes puntos de carga en distintos nodos de la topología.

El resto del artículo está organizado de la siguiente forma: en la Sección 2 se presenta las diferentes fases de la metodología que guía esta investigación; en la sección 3 se describe el diseño e implementación de la herramienta portable para la ejecución de pruebas de carga en aplicaciones web; en la sección 4 se presenta un estudio de caso realizado sobre el portal web de la gobernación de Bolívar, haciendo uso de la herramienta propuesta; finalmente, en la sección 5 se presentan las conclusiones y trabajos futuros derivados de esta investigación.

2. Metodología

Para el desarrollo de la presente investigación se definieron 3 fases metodológicas a saber: exploración y selección de librerías, diseño e implementación de la herramienta y estudio de caso (ver figura 1).



Figura 1 – Metodología propuesta

Fase 1 – Exploración y selección de librerías: En esta fase se realizó la selección de librerías adecuadas para la construcción de la herramienta para la ejecución de pruebas de carga sobre aplicaciones web. Como resultado de esta fase se seleccionó la librería apache benchmark (ab), la cual permite realizar en modo consola peticiones secuenciales y concurrentes sobre servidores web. Del mismo modo, se seleccionó la herramienta de minería de datos weka, para el cálculo de la regresión lineal en las curvas de peticiones secuenciales y peticiones concurrentes.

Fase 2 – Diseño y construcción de la herramienta: A partir de las librerías identificadas en la fase 1, se construyó una herramienta de ejecución de pruebas de carga

en el lenguaje Java, la cual hace uso en segundo plano de la librería ab. La herramienta propuesta extiende la funcionalidad de esta librería, al proveer una interfaz gráfica de usuario, un conjunto de gráficas con los resultados de la prueba y la generación de la regresión lineal a partir de los datos de las pruebas, haciendo uso de la herramienta de minería de datos weka. Así mismo, la herramienta propuesta tiene como ventaja la portabilidad provista por las plataformas SBC, lo que permite realizar las pruebas de carga en los diferentes nodos de la red.

Fase 3 – Estudio de caso: Como medio de validación de la herramienta construida, en este artículo se realizaron pruebas de carga sobre el portal de la gobernación de Bolivar (Colombia). Las pruebas permitieron obtener proyecciones sobre los tiempos de respuesta para peticiones secuenciales y concurrentes realizadas sobre el servidor web de dicha página.

3. Herramienta de evaluación propuesta

En esta sección se presenta el diseño y la implementación de la herramienta propuesta. A nivel del diseño se describe un diagrama con los diferentes bloques de la herramienta y un diagrama de flujo que ilustra el funcionamiento de la misma. En cuanto a la implementación se describen las diferentes vistas de la herramienta.

3.1. Diseño de la herramienta

En la figura 2 se presenta el diagrama de bloques de la herramienta portable propuesta en el presente artículo, dentro del cual se destacan los siguientes módulos: interfaz gráfica de usuario GUI, Carga, Gráficas, Análisis y Reportes.

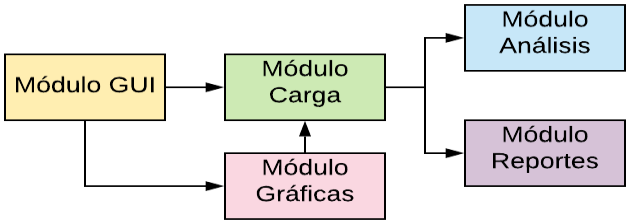


Figura 2 – Diagrama de bloques herramienta HEVAC

El módulo de GUI se encarga de la generación y control de la interfaz gráfica de la herramienta, para lo cual se hace uso de las clases del paquete Swing de Java. El módulo de Carga permite la ejecución de peticiones secuenciales y concurrentes haciendo uso de la librería ab en segundo plano. Además, este módulo permite el procesamiento de las respuestas generadas en la consola del sistema operativo, tras la ejecución de las pruebas de carga realizadas en segundo plano. El módulo de gráficas por su parte se encarga de generar las curvas con los tiempos que el portal web tarda en servir las peticiones secuenciales y concurrentes, las cuales además incluyen la regresión lineal

de las curvas mencionadas. En el módulo de análisis, la herramienta se encarga de calcular la ecuación con la regresión lineal para las curvas de peticiones secuenciales y concurrentes, haciendo uso de la API de la herramienta de minería de datos weka. Finalmente, el módulo de reportes, permite la creación de un archivo .csv con los tiempos obtenidos en las pruebas de carga para peticiones secuenciales y concurrentes.

A partir de la funcionalidad descrita en el diagrama de bloques de la herramienta portable para la ejecución de pruebas de carga en servidores web, en la figura 3 se presenta un diagrama de flujo que describe el proceso seguido por la herramienta propuesta para la ejecución de las pruebas de carga. De este modo, en primera instancia se ingresa la URL del portal o servidor web a evaluar, así como el número de peticiones secuenciales y concurrentes a realizar. A partir de los anteriores datos ingresados, se verifica la valides de la URL para proceder con la ejecución en paralelo de las peticiones secuenciales y concurrentes haciendo uso en segundo plano de la librería ab. Una vez terminada la ejecución de las pruebas, los datos resultantes son usados para calcular la regresión lineal de las peticiones secuenciales y de las peticiones concurrentes haciendo uso de la herramienta de minería de datos weka. Una vez obtenida la regresión lineal, se presentan los resultados de la prueba en pantalla y se proceden a generar las gráficas con las curvas de las peticiones secuenciales y concurrentes, así como una gráfica comparativa de las dos curvas, haciendo uso de la librería JFreeChart. Finalmente, los resultados de la ejecución de las peticiones secuenciales y concurrentes son almacenados en un archivo de reporte .csv.

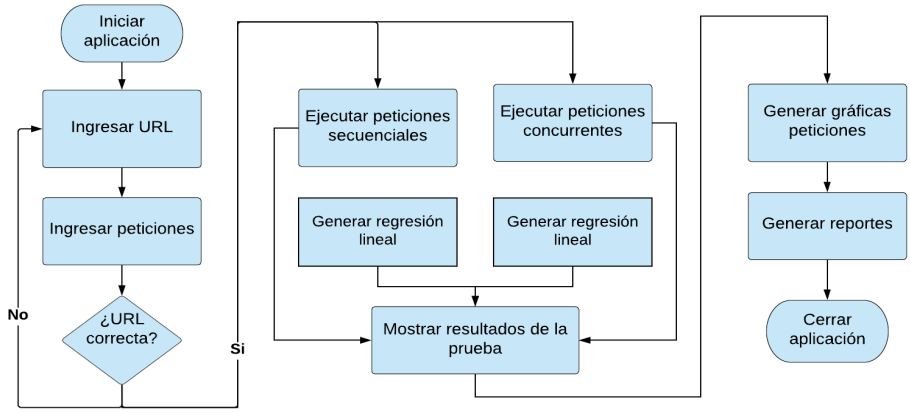


Figura 3 – Diagrama de flujo herramienta HEVAC

3.2. Implementación de la herramienta

A partir de la funcionalidad descrita en la sección 3.1, en esta sección se presenta la implementación de la herramienta portable para la ejecución de las pruebas de carga en servidores web. De este modo, en la figura 4 se presenta la interfaz principal de la herramienta propuesta desarrollada en el lenguaje Java, la cual está constituida por

cuatro pestañas a saber: Pruebas de carga, Gráfica secuenciales, Gráfica concurrente, Gráfica secuencial concurrente. Esta interfaz gráfica fue desarrollada haciendo uso de las clases pertenecientes al paquete Swing de Java.

La pestaña "Pruebas de carga" contiene en primera instancia un formulario que permite al usuario llenar la URL del servidor web a evaluar y el número de peticiones secuenciales y concurrentes a realizar, datos que son usados para la ejecución de las pruebas de carga. De este modo, al presionar el botón "Evaluar", se usan los datos del formulario mencionado, para la conformación de los comandos según la estructura solicitada por la herramienta ab, la cual en segundo plano permite ejecutar los comandos configurados. Para permitir la ejecución de la herramienta ab en segundo plano, se usan las clases Runtime y Process de Java, las cuales posibilitan la ejecución de comandos del sistema operativo, así como la obtención de los resultados de estos comandos. Los resultados obtenidos tras realizar las peticiones secuenciales y concurrentes son presentados mediante tablas en la interfaz de la pestaña Prueba Carga, ver figura 4.

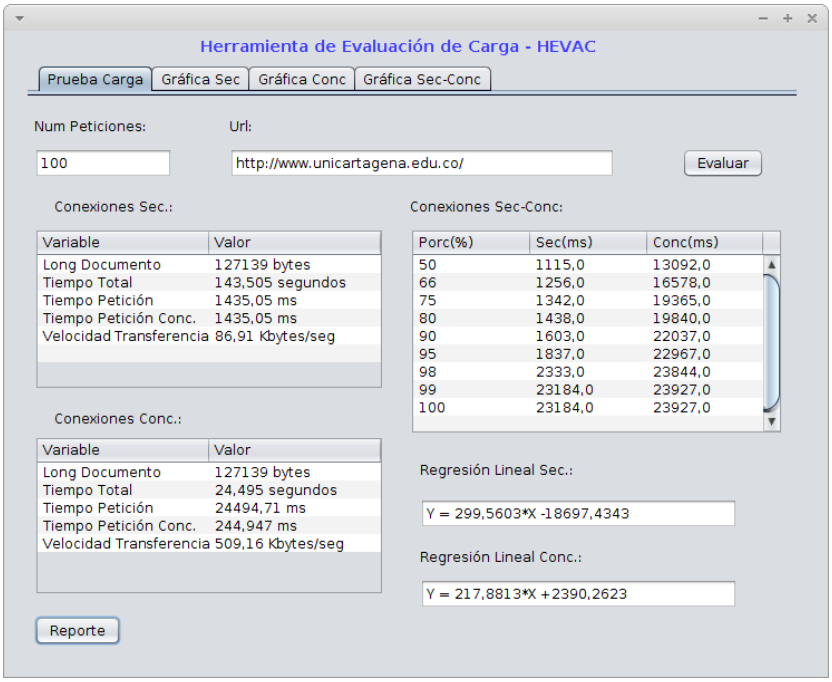


Figura 4 – Interfaz gráfica de la herramienta

En las dos tablas de la izquierda se presenta entre otros: el tiempo total empleado en la prueba, el tiempo promedio total empleado en realizar las peticiones secuenciales

y concurrentes, y la velocidad de transferencia de la prueba realizada. Por su parte, en la tabla de la derecha se presenta el tiempo empleado por el servidor en dar respuesta a un porcentaje determinado de peticiones realizadas. Los resultados anteriores, son empleados por la herramienta para calcular de manera automática las regresiones lineales para las peticiones secuenciales y concurrentes, haciendo uso para ello de la API de weka. Las ecuaciones de las dos regresiones obtenidas son presentadas en los campos de texto de la parte inferior derecha de la interfaz, ver figura 4.

Al tiempo que son obtenidos y presentados en pantalla los resultados de la prueba de carga, en las pestañas siguientes se generan de manera automática las curvas de peticiones secuenciales, concurrentes y la comparación entre las dos curvas anteriores. Para la generación de las curvas se hizo uso del paquete de gráficas provisto por la librería JFreeChart de Java (García, 2013). Así, en la figura 5 se muestra una curva de ejemplo, obtenida al aplicar 100 peticiones secuenciales al portal web de la Universidad de Cartagena, junto con su respectiva regresión lineal. Esta curva es generada automáticamente por la herramienta e incluida en la segunda pestaña de la misma.

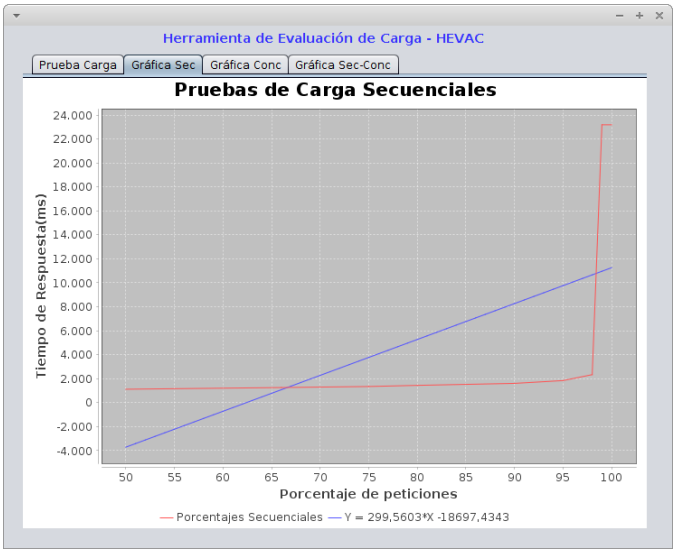


Figura 5 – Ejemplo gráfica pruebas de carga

Del mismo modo en la figura 6 se presenta un ejemplo de la gráfica generada automáticamente y embebida en la pestaña 4 de la herramienta. Esta gráfica muestra la comparación entre las curvas de peticiones secuenciales y concurrentes.

Finalmente, tal como se muestra en la figura 4, al presionar el botón “Reporte” en la pestaña uno, es posible generar un reporte en formato .csv con los resultados de los tiempos empleados en servir diferentes tipos de peticiones (ver figura 7).

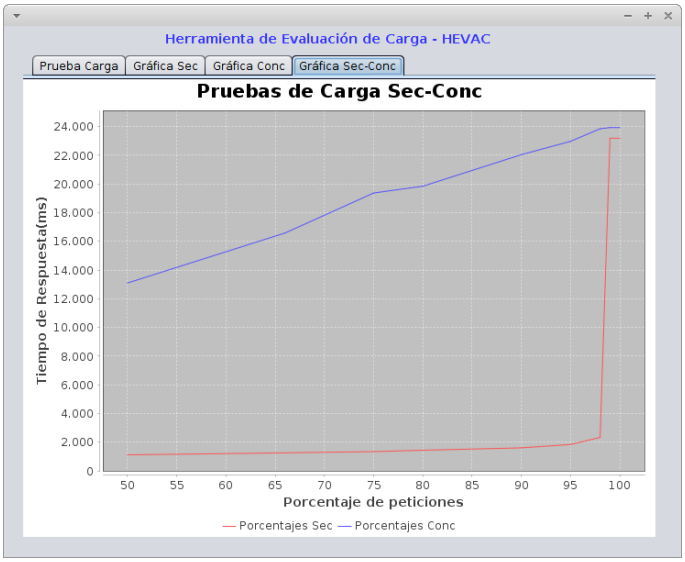


Figura 6 – Comparación de peticiones secuenciales y concurrentes

	A	B	C
1	Porc(%)	Sec(ms)	Conc(ms)
2	50	1115	13092
3	66	1256	16578
4	75	1342	19365
5	80	1438	19840
6	90	1603	22037
7	95	1837	22967
8	98	2333	23844
9	99	23184	23927
10	100	23184	23927

Figura 7 – Reporte CSV generado

Es importante mencionar que para la construcción de la herramienta HEVAC, se hizo uso de librerías y tecnologías libres, de tal modo que es necesario desplegar la herramienta en un sistema operativo libre. En este sentido, se pretende aprovechar las ventajas de portabilidad provista por dispositivos SBC tales como Raspberry PI y su sistema operativo asociado Raspbian OS. En la figura 8 se presenta un diagrama que representa la implantación de la herramienta portable a través de una tarjeta SBC Raspberry PI.

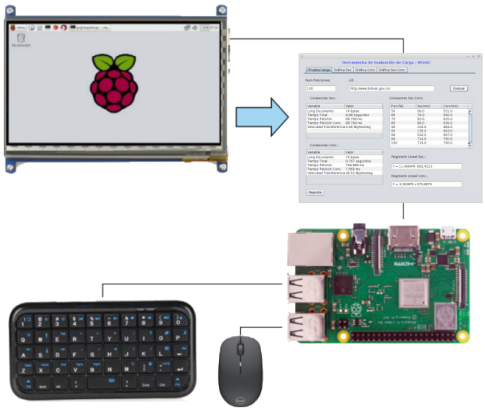


Figura 8 – Despliegue de la herramienta HEVAC

4. Estudio de caso

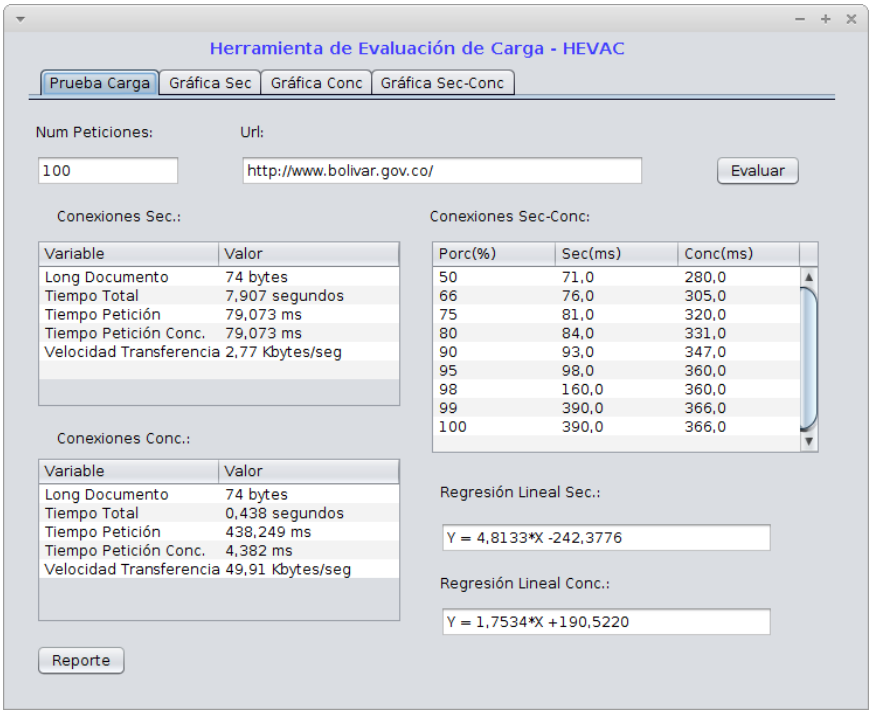


Figura 9 – Pruebas de carga realizadas al portal de la gobernación de Bolívar

Como medio de validación de la herramienta propuesta, en esta sección se presentan las evaluaciones de carga realizadas al portal web de la Gobernación de Bolivar. De este modo, haciendo uso de la herramienta propuesta se ejecutaron 100 peticiones secuenciales y 100 peticiones concurrentes al portal http://bolivar.gov.co, tal como se aprecia en la figura 9.

En las dos tablas de la izquierda se presenta el tiempo promedio total empleado en realizar las peticiones secuenciales y concurrentes, mientras que en la tabla de la derecha se presenta el tiempo empleado por el servidor en dar respuesta a un porcentaje determinado de peticiones realizadas (desde el 50 % de las peticiones al 100 %). De este modo, tal como se aprecia en la figura 9, el tiempo total empleado en realizar las 100 peticiones secuenciales es de 7,907 segundos, lo que corresponde a un promedio por petición secuencial de 79,073 milisegundos. Del mismo modo el tiempo total empleado en realizar las 100 peticiones concurrentes es de 0,438 segundos, lo que corresponde a un promedio por petición concurrente de 4,382 milisegundos. Tal como se aprecia en los anteriores datos, el tiempo total de las peticiones secuenciales es mayor que el tiempo total de las peticiones concurrentes, dado que en el primer caso las peticiones se ejecutan una tras otra, haciendo acumulativo el tiempo final.

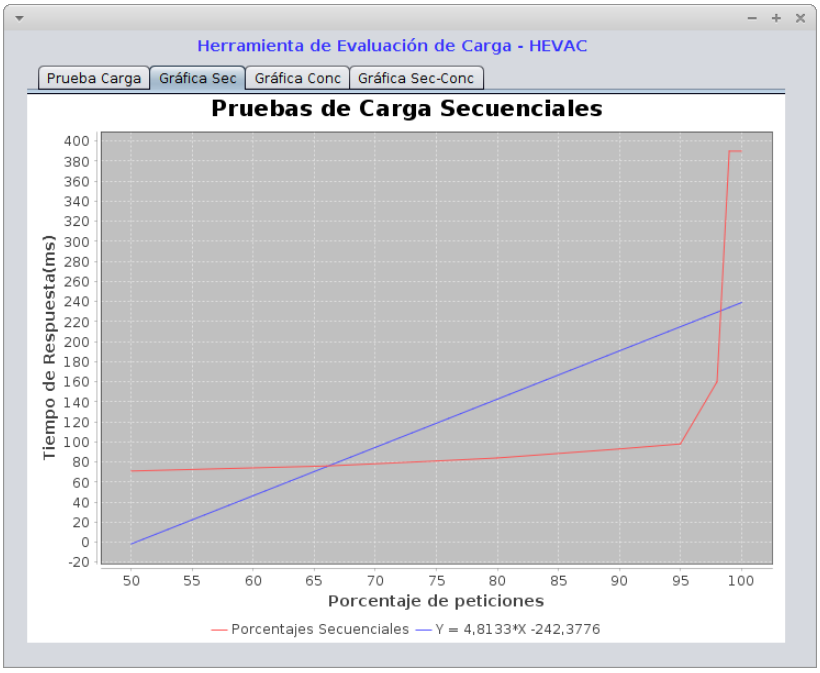


Figura 10 – Pruebas de carga peticiones secuenciales

En lo que corresponde a la tabla de la derecha de la figura 9, se puede apreciar que el tiempo empleado en servir el 50% de las peticiones secuenciales realizadas es de 71 milisegundos, mientras que el tiempo empleado en servir el 100 % de las peticiones

realizadas es de 390 milisegundos. Por otra parte, el tiempo empleado en servir el 50% de las peticiones concurrentes realizadas es de 280 milisegundos, mientras que el tiempo empleado en servir el 100% de las peticiones concurrentes es de 366 milisegundos. Además, la herramienta generó con ayuda de la API de weka las regresiones lineales para el caso de las peticiones secuenciales y concurrentes, a partir de los tiempos empleados en servir dichas peticiones. En el caso de la regresión lineal para las peticiones secuenciales se obtiene la ecuación y= 4,8133x – 242,3776, lo que indica que en general por cada petición secuencial se incrementa el tiempo de respuesta del servidor en 4,8133 milisegundos. Así mismo, en el caso de la regresión lineal para las peticiones concurrentes se obtiene la ecuación y=1,7534x + 190,5220, lo que indica que en general por cada petición concurrente se incrementa el tiempo en 1,7534 milisegundos. En las figuras 10 y 11 se presenta la representación gráfica del comportamiento de las peticiones secuenciales y concurrentes, junto con la regresión lineal asociada.

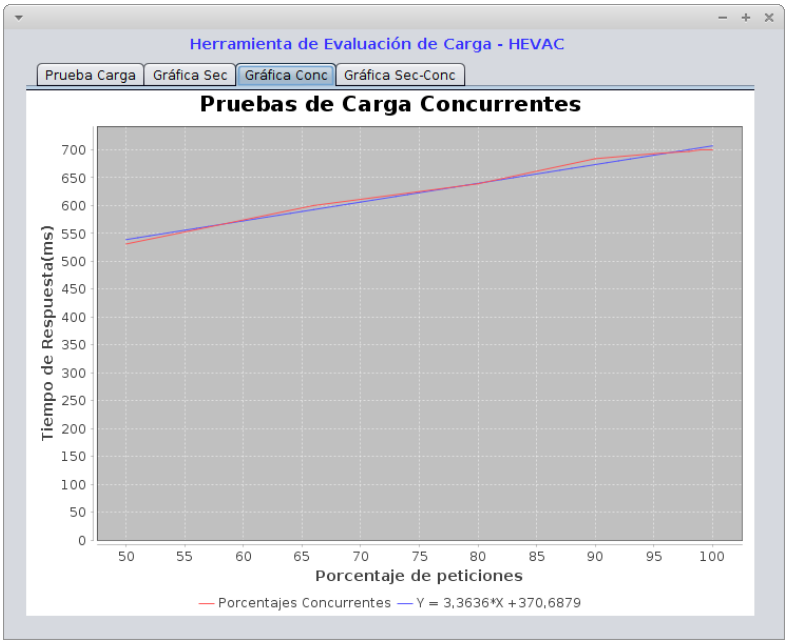


Figura 11 – Pruebas de carga peticiones concurrentes

De acuerdo a la figura 10, el tiempo de las peticiones secuenciales crece lentamente con un comportamiento lineal desde las 50 peticiones hasta las 95 peticiones variando entre los 71 milisegundos y los 98 milisegundos. Del mismo modo, luego de las 95 peticiones, el tiempo varía de los 98 milisegundos hasta los 390 milisegundos. De otra parte, según la figura 11 el tiempo de las peticiones concurrentes crece progresivamente y tiene un comportamiento casi lineal, que varia desde los 280 milisegundos para las 50 peticiones hasta los 366 milisegundos para las 100 peticiones. Dado que la curva de las peticiones concurrentes tiene un comportamiento más lineal que el de las peticiones secuenciales,

es posible obtener a partir de la regresión lineal la pendiente de la recta, la cual indica que el tiempo en servir una petición se incrementa en 1,7534 milisegundos por cada petición.

Finalmente, la herramienta permite mostrar un gráfico comparativo entre la curva de las peticiones secuenciales y la curva de las peticiones concurrentes, tal como se ilustra en la figura 12. Esta gráfica permite corroborar que el comportamiento de la curva que representa las peticiones concurrentes es lineal, mientras que la curva que representa las peticiones secuenciales tiene un comportamiento lineal hasta las 95 peticiones.

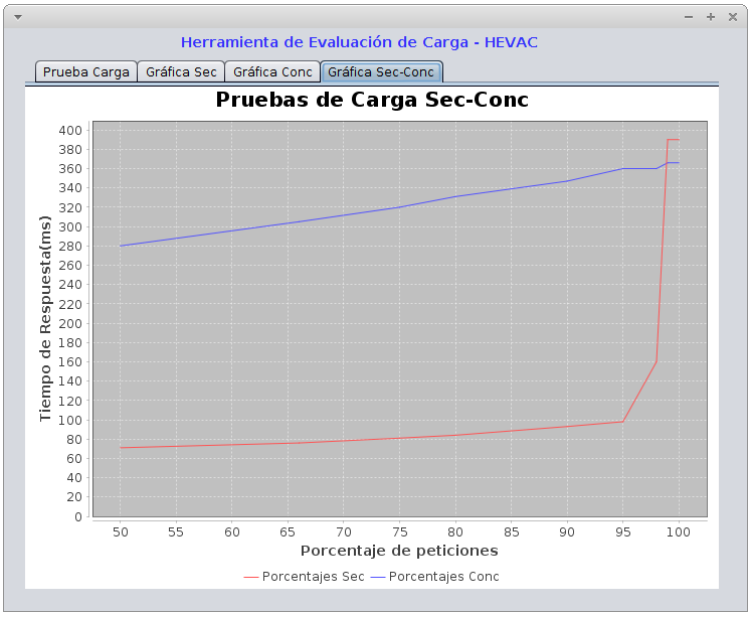


Figura 12 – Pruebas de carga peticiones secuenciales y concurrentes

5. Conclusiones y trabajos futuros

Este trabajo propuso como aporte la construcción de una herramienta portable para la ejecución de pruebas de carga en aplicaciones web, denominada HEVAC. HEVAC hace uso en segundo plano de la herramienta apache benchmark, permitiendo realizar las pruebas de carga mediante interfaz gráfica, así como la obtención de la regresión lineal de los resultados de la prueba y la generación de las gráficas asociadas a las peticiones secuenciales y concurrentes. Mediante la herramienta propuesta se pretende apoyar a los desarrolladores y administradores de red en cuanto a la identificación de problemas que afectan el rendimiento y la fiabilidad en aplicaciones web.

Para la construcción de la herramienta propuesta para la ejecución de pruebas de carga en aplicaciones web, se seleccionaron un conjunto de herramientas del campo del hardware y software libre, con el objetivo que la herramienta HEVAC pueda ser usada en

entornos académicos de cara a la obtención de información relevante de las peticiones secuenciales y concurrentes realizadas a una aplicación web.

La herramienta propuesta presenta como aporte relevante el uso de las prestaciones provistas por la librería de desarrollo de la herramienta de minería de datos weka para la obtención de las ecuaciones de regresión lineal asociadas a las peticiones secuenciales y concurrentes realizadas a una aplicación web. Estas ecuaciones sirven de apoyo a los desarrolladores y administradores de red en cuanto a la identificación del incremento en el tiempo por cada una de las peticiones realizadas.

La herramienta propuesta fue implementada a partir de un conjunto de librerías y/o tecnologías que le permiten ser desplegada en plataformas portables tipo SBC, como es el caso de Raspberry PI. Lo anterior tiene como ventaja el hecho de permitir al administrador de red o al desarrollador, realizar fácilmente las pruebas de carga en diferentes nodos de la red en la cual corre el servidor donde opera la aplicación web evaluada.

El estudio de caso realizado al portal web de la gobernación de Bolívar permitió determinar de acuerdo a la regresión lineal de las peticiones concurrentes (Y = 1,7534x + 190,5220) que por cada petición adicional realizada el tiempo empleado en servir una petición se incrementa en 1,7534 milisegundos. Este resultado es adecuado teniendo en cuenta que se trata de un portal web gubernamental cuyo acceso es de carácter masivo.

Como trabajo futuro derivado de la presente investigación, se pretende dotar a la herramienta de la posibilidad de obtener diferentes tipos de regresión, tal como la regresión polinómica, exponencial y logarítmica. Lo anterior resulta adecuado para el caso de la curva de peticiones secuenciales, en donde la regresión lineal no determina completamente el comportamiento de los datos.

Referencias

Abbas, R., Sultan, Z., & Bhatti, S. (2017). Comparative analysis of automated load testing tools: Apache JMeter, Microsoft Visual Studio (TFS), LoadRunner, Siege. *International Conference on Communication Technologies (ComTech 2017)* (págs. 39-44). Rawalpindi: IEEE.

García, A. (03 de 03 de 2013). *Graficando en Java con JFreeChart*. Obtenido de http://panamahitek.com/graficando-en-java-con-jfreechart/

Garita-Araya, R. (2013). Tecnología Móvil: desarrollo de sistemas y aplicaciones para las Unidades de Información. *E-Ciencias de la Información, 3*(2), 1-14.

Ghosh, B., & Daghherty, P. (2015). *Bienvenidos al mundo de la alta velocidad impulsado por el software*. Accenture Technology.

Guo, X., Chen, Y., Qiu, X., & Tang, F. (2010). Design and implementation of performance testing model for Web Services. *2nd International Asia Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (CAR 2010)* (págs. 353-356). Wuhan: IEEE.

Jiang, Z., & Hassan, A. (2015). A Survey on Load Testing of Large-Scale Software Systems. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 1091-1118.

Lewis, William E. (2017). Software Testing and Continuous Quality Improvement. 3rd Edition. Computer Science, Engineering & Technology. New York.

Li, Y., & Liu, Q. (2012). Research on Web Application Software Load Test Using Technology of TTCN-3. *Proceedings of the 2012 International Conference on Communication, Electronics and Automation Engineering* (págs. 415-420). Berlín: Springer.

Micro Focus. (2017). *Pruebas de Carga*. Micro Focus. Obtenido de https://www.microfocus.com/es-es/media/white-paper/load_testing_wp_es.pdf

Muñoz, A., Pérez, S., & Amador, S. (2018). Pentesting sobre aplicaciones web basado en la metodología OWASP conformado por dispositivos SBC de bajo costo. *RISTI: Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*(E16), 1-14.

Pandey, A., Rajpoot, D., & Rajpoot, D. (2016). A comparative study of classification techniques by utilizing WEKA. *International Conference on Signal Processing and Communication (ICSC 2016)* (págs. 219-224). Noida: IEEE.

Pradeep, S., & Sharma, Y. K. (2019). A Pragmatic Evaluation of Stress and Performance Testing Technologies for Web Based Applications. *2019 Amity International Conference on Artificial Intelligence (AICAI)* (págs. 399-403). Dubai: IEEE.

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

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

Recebido/Submission: 06/11/2019
Aceitação/Acceptance: 17/01/2020

Propuesta de un videojuego educativo como apoyo a las terapias de la dislexia, usando la plataforma GDevelop

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: 173–186

Resumen: Uno de los problemas relevantes en el contexto educativo en lo referente al proceso de aprendizaje es la dislexia, la cual es entendida como el trastorno del aprendizaje de la lecto-escritura, de carácter persistente y específico. Con el fin de aplicar de manera más efectiva y lúdica las terapias realizadas a los sujetos con dislexia en el contexto educativo, en este artículo se presenta como aporte la construcción de un videojuego tipo plataforma como apoyo al trastorno de la dislexia. El videojuego educativo propuesto fue desarrollado en la plataforma libre orientada a eventos GDevelop, la cual permite exportar el videojuego a diferentes plataformas (móvil, web y escritorio). El videojuego pretende servir de apoyo a la ejecución de terapias a sujetos con dislexia, con el fin de contribuir con la mejora del proceso de aprendizaje en cuanto al reconocimiento, lectura y escritura de palabras básicas.

Palabras clave: dislexia, GDevelop, terapias, videojuegos.

Proposal for an educational video game to support dyslexia therapies using the GDevelop platform

Abstract: One of the relevant problems in the educational context regarding the learning process is dyslexia, which is understood as reading-writing learning disorder, persistent and specific. In order to effectively and playfully apply the therapies performed to subjects with dyslexia in the educational context, in this article we present as a contribution the construction of a platform-type videogame in support of dyslexia disorder. The proposed educational videogame was developed on the free event-oriented platform GDevelop, which allows to export the videogame to different platforms (mobile, web and desktop). The video game aims to support the implementation of therapies for people with dyslexia, in order to contribute to improving the learning process in terms of recognition, reading and writing of basic words.

Keywords: dyslexia, GDevelop, therapies, video game.

1. Introducción

Gracias a la facilidad para generar aplicaciones y a la gran cantidad de personas que las consumen en diferentes contextos de aplicación, cada vez se hace necesario que estas aplicaciones hagan uso de los principios de diseño centrado en el usuario (Grau, 2007). Además, gracias a la diversidad de plataformas que permiten el diseño ágil de aplicaciones, es requerido desarrollar también aplicaciones inclusivas, las cuales permitan aportar en el desarrollo de terapias para diferentes trastornos, como es el caso de la dislexia (Viquez, 2014).

De acuerdo a (Gobierno de Aragón, 2017), la dislexia es entendida como *"un trastorno que se manifiesta por una dificultad en el aprendizaje de la lectura, pese a la instrucción convencional, con una inteligencia adecuada, una visión y audición normal, y las buenas oportunidades socioculturales*"[1]. Del mismo modo, a nivel cognitivo, la dislexia puede explicarse como un déficit fonológico que se manifiesta en la dificultad que las personas tienen a la hora de realizar tareas de segmentación, identificación de fonemas, rimas, aplicación de las reglas de asociación grafema-fonema, analogías, etcétera (Fratini, Acha, & Laka, 2015; Carratalá, 2019).

Según (Carratalá, 2019) la dislexia afecta en menor o mayor grado del 10% al 15% de la población escolar y adulta. Considerando que, de todos los sujetos con dificultad de aprendizaje, cerca del 80% de los sujetos tienen dislexia, este trastorno cobra relevancia en el contexto educativo. Así mismo, de acuerdo a (Gobierno de Aragón, 2017), se ha comprobado que el entrenamiento fonológico tiene influencia en el éxito de la lectura, de tal modo que no solo favorece el adecuado aprendizaje de la lectura en un sistema alfabético, sino que también contribuye en la mejora de las dificultades que presentan algunas personas con dislexia. En el contexto educativo, se suele hacer uso de guías y ejercicios para contribuir con la mejora del proceso de aprendizaje, sin embargo, la articulación de dichas prácticas y ejercicios dentro de un recurso tecnológico puede resultar más efectiva al ser aplicada en sujetos con dislexia, teniendo en cuenta los elementos lúdicos que pueden involucrarse.

En este artículo se propone como aporte la construcción de un videojuego como apoyo al desarrollo de terapias para la dislexia para niños de educación básica primeria. El videojuego retoma un conjunto de ejercicios de reconocimiento de palabras empleados en las terapias habituales de este trastorno y los enmarca dentro de un juego tradicional del tipo plataforma. La construcción del juego fue realizada haciendo uso de la plataforma libre para desarrollo de videojuegos GDevelop, la cual está orientada a la programación basada en eventos y permite la generación de ejecutables para aplicaciones web (HTML5), aplicaciones móviles y aplicaciones de escritorio (Cuartas J. , 2016). El propósito del videojuego propuesto es apoyar el desarrollo didáctico de terapias en personas con el trastorno de la dislexia, de modo que en contextos como el educativo, se cuente con una herramienta lúdica que posibilite la mejora del proceso cognitivo en estudiantes con dislexia. En este mismo sentido, este artículo también pretende motivar el desarrollo de recursos educativos y videojuegos en el campo de la rehabilitación haciendo uso de herramientas destinadas a no programadores, tales como: GDevelop y Costruct (Mera, Jaramillo, Márceles, & Chanchí, 2018). En este sentido, el uso de estas

[1] Definición de la Federación Mundial de Neurología

plataformas orientadas a la programación de eventos, reduce la curva de aprendizaje en cuanto a la generación de diferentes tipos de recursos educativos digitales por parte de profesores en el aula de clase y por parte de diferentes usuarios no expertos en el área de desarrollo, los cuales puedan impactar e incluir a diferentes tipos de usuarios con diversos trastornos en edad escolar (Pérez-Ortega, 2017).

2. Conceptualización

En esta sección se presentan un conjunto de conceptos relevantes para el desarrollo de la presente investigación:

2.1. Dislexia y Videojuegos

Aunque no existe un consenso sobre la definición de la dislexia, en la década de los 70, la Federación Mundial de Neurología, la definió como una dificultad que se caracteriza por un déficit de aprendizaje en la lectura, aunque los niños reciban una educación convencional, posean una inteligencia normal y pertenezcan a un estrato social adecuado, por lo cual estos déficits serían causados por déficits cognitivos básicos con base constitucional. Por otra parte, la Organización Mundial de la Salud incluye la dislexia dentro del apartado de trastornos específicos del desarrollo de las habilidades escolares, denominándola como "trastorno específico de la lectura". También el Instituto Nacional de Salud Infantil y Desarrollo Humano (NICHD), la define como una discapacidad de aprendizaje específica de origen neurobiológico. Finalmente, la Asociación Internacional de Dislexia (AID), la define como una dificultad específica del aprendizaje caracterizada por las falencias en la precisión y fluidez en el reconocimiento de palabras y por problemas de decodificación y deletreo (Tamayo, 2017). En 2018, (Jiménez-Porta & Diez-Martínez , 2018), desarrollaron un estudio cuyo fin era evaluar el impacto de los videojuegos en la comprensión lectora en niños con y sin problemas de dislexia, utilizaron el videojuego Minecraft, encontrando que juegos como este, pueden propiciar escenarios positivos para el proceso de aprendizaje en diversas áreas del conocimiento, al mismo tiempo que generan motivación e interés, favoreciendo la lectura de palabras complejas y la clasificación de nuevo vocabulario. También en 2018, (Casas Alvarado, 2018), presentan un videojuego serio para el diagnóstico de la dislexia considerando la satisfacción del usuario, en donde realizaron un estado del arte sobre las temáticas y trabajos relacionados, así como el desarrollo de un videojuego en 2D, un instrumento de evaluación de la satisfacción y se elaboró un experimento en una institución educativa, obteniendo que el videojuego 50% de certeza en el diagnóstico de la dislexia.

2.2. Design Thinking

Design Thinking, es una estrategia basada en métodos y principios de diseño, fue desarrollada por la consultora de diseño IDEO a finales de los 90 (Kelley y Littman, 2001), su idea principal es identificar las necesidades del usuario para crear soluciones apropiadas (Mueller & Thoring, 2012). Se compone de 5 etapas, que permiten avanzar o retroceder las veces que sean requeridas (dinngo, 2019): 1) Empatía, comprensión de las necesidades de los usuarios y su entorno; 2) Definición, escoger solo la información

que da valor e identificar el problema a solucionar; 3) Ideación, generación de ideas, favorece el pensamiento expansivo; 4) Prototipado, materialización de las ideas a través de prototipos; 5) Testeo, evaluación de los prototipos y mejoras de estos involucrando a los usuarios. Design Thinking, puede ser aplicado en cualquier área de aplicación, por ejemplo, como método de aprendizaje basado en equipo, que ayuda a lidiar con problemas complejos de procesos de aprendizaje en profundidad sobre problemas percepción y diversas vías de solución (Kröper 2010). En 2012, (Rhinow, Noweski, & Meinel, 2012) realizaron un experimento de inclusión de Design Thinking en el aula, resultando una experiencia positiva entre los participantes, dado que fomenta habilidades metacognitivas y las competencias a través de su proceso, al mismo tiempo que apoya los procesos y métodos constructivistas.

2.3. GDevelop

GDevelop es una plataforma para la construcción de videojuegos en dos dimensiones, destinada para ser utilizada por usuarios no programadores. GDevelop permite la creación de recursos interactivos, mediante de la estrategia de programación orientada a eventos y acciones, en la cual no se codifican líneas de código, sino que se define el comportamiento de los objetos agregados al escenario mediante eventos y acciones. La principal ventaja de GDevelop con respecto a otras plataformas como Construct o Game Maker, es el hecho de ser libre, lo cual permite exportar el juego creado a diferentes tipos de plataformas: escritorio, web y móvil. De igual modo, GDevelop puede ser ejecutado en línea y permite la publicación de los juegos creados en su repositorio de recursos (Cuartas, 2016; Chanchí, Gómez, & Campo, 2019).

Partiendo de los anteriores conceptos, en el presente artículo se propone como aporte la construcción de un videojuego mediante la herramienta GDevelop como apoyo al desarrollo de terapias para el trastorno de la dislexia.

3. Metodología

El desarrollo de este trabajo contempló cuatro fases a saber, adaptadas a partir de la metodología *design thinking*: empatizar y definir, idear, prototipar y evaluar (Serrano & Blázquez, 2015; Razzouk & Shute, 2012; Henriksen, Richardson, & Rohit, 2017). A continuación, en la figura 1, se describen cada una de las fases de la metodología.

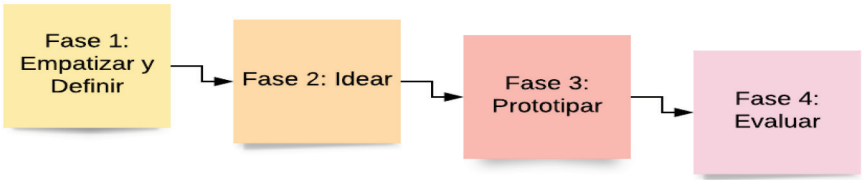


Figura 1 – Metodología propuesta

Fase 1 – Empatizar y definir: En esta fase se procedió con la identificación de los diferentes conceptos relacionados con la dislexia y se exploraron y seleccionaron un conjunto de ejercicios habituales empleados en las terapias de este trastorno.

Fase 2 – Idear: Una vez identificados y seleccionados los principales conceptos asociados a la dislexia y los ejercicios empleados en las terapias de la misma, se realizó el diseño de alto nivel de un videojuego educativo como apoyo al desarrollo de terapias de la dislexia.

Fase 3 – Prototipar: A partir de los diseños de alto nivel realizados en la fase anterior, se procedió con la construcción de un prototipo de videojuego educativo para diferentes plataformas, haciendo uso de la plataforma libre para no programadores y orientada a eventos GDevelop. El videojuego propuesto permite la ejecución de ejercicios desarrollados en las terapias de la dislexia, enmarcados en un juego de aventura 2D.

Fase 4 – Evaluar: Finalmente, para evaluar la usabilidad del videojuego propuesto, se realizó una inspección de usabilidad sobre el videojuego construido. La inspección se desarrolló teniendo en cuenta las diez heurísticas de usabilidad para videojuegos propuestas por Pinelle, Wong, & Stach (2008). Esta inspección fue realizada por un conjunto de expertos en el área de la interacción humano computador.

4. Construcción del Videojuego Educativo

En esta sección se presenta el diseño e implementación del videojuego educativo como apoyo a aplicación de terapias asociadas a la dislexia. A nivel del diseño se describen las interfaces de alto nivel y un diagrama de flujo que describe la funcionalidad del videojuego. En lo que respecta a la implementación, se presentan las interfaces del prototipo final generado mediante la plataforma libre GDevelop.

4.1. Diseño del videojuego

Partiendo de la problemática de la dislexia, asociada al reconocimiento correcto de palabras en idioma español, en la etapa de diseño del videojuego se propuso un juego tipo plataforma con una interfaz sencilla, en la cual el personaje (un extraterrestre) al saltar en el escenario, escoja la palabra escrita correctamente a partir de dos opciones posibles, al tiempo que esquiva o destruye a los enemigos. Por cada palabra acertada correctamente, el jugador irá sumando un punto, obteniendo al final del juego una relación entre las palabras acertadas correctamente y los intentos realizados. Además, cada vez que el jugador falle en la escogencia de la palabra correcta, se le restará una vida de las 5 posibles. En cuanto a los enemigos, el personaje puede eliminarlos saltando sobre ellos, sin embargo, si logran tocarlo se irá disminuyendo el número de vidas. La interfaz de alto nivel que representa la idea central del juego se presenta en la figura 2. Esta interfaz fue realizada con apoyo de la herramienta en línea para la generación de mockups NinjaMock (Mutis, 2016).

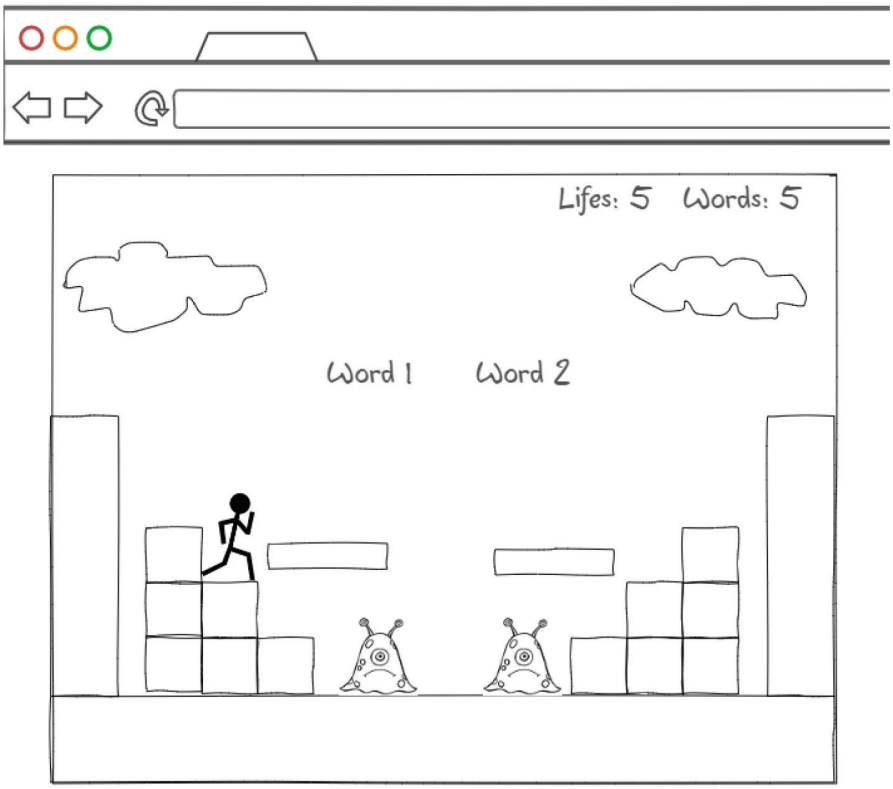


Figura 2 – Interfaz de alto nivel del videojuego

Del mismo modo en la figura 3 se presenta un diagrama de flujo que describe de manera gráfica la lógica de interacción entre el jugador y el videojuego de reconocimiento de palabras para la dislexia. Tal como se aprecia en la figura 3, cuando el usuario lanza el juego en alguna de las diferentes distribuciones posibles (escritorio, web, móvil), se presenta la interfaz del juego de plataforma propuesto. Una vez lanzado el juego, el sistema obtiene un par de palabras (una correcta y otra incorrecta) del listado definido para el juego y las dispone en orden aleatorio en la parte superior del escenario. De este modo, el personaje del juego debe saltar para escoger la palabra que está escrita de manera correcta, así, por cada palabra bien escogida, el puntaje de palabras acertadas se incrementa en uno, mientras que, por cada palabra mal escogida, se disminuye el número de vidas del jugador. Del mismo modo el número de vidas del jugador disminuye cuando el personaje del juego choca con alguno de los enemigos dispuestos en el escenario. Finalmente, el juego termina cuando el número de vidas es igual a cero o cuando el número de palabras se termina.

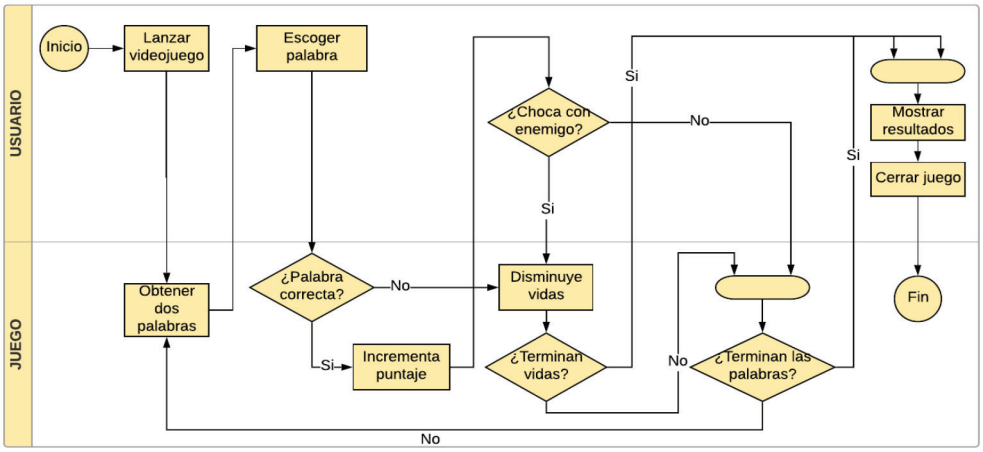


Figura 3 – Diagrama de interacción del juego

4.2. Implementación del videojuego

Por otra parte, en las figuras 4 y 5 se presentan las interfaces finales de escritorio del videojuego construido, el cual fue desarrollado hacienda uso de la plataforma libre de desarrollo de videojuegos GDevelop. En la implementación del videojuego se aprovecharon diferentes sprites (personaje, enemigos y objetos del escenario del juego) que hacen parte de los ejemplos disponibles en la plataforma GDevelop.

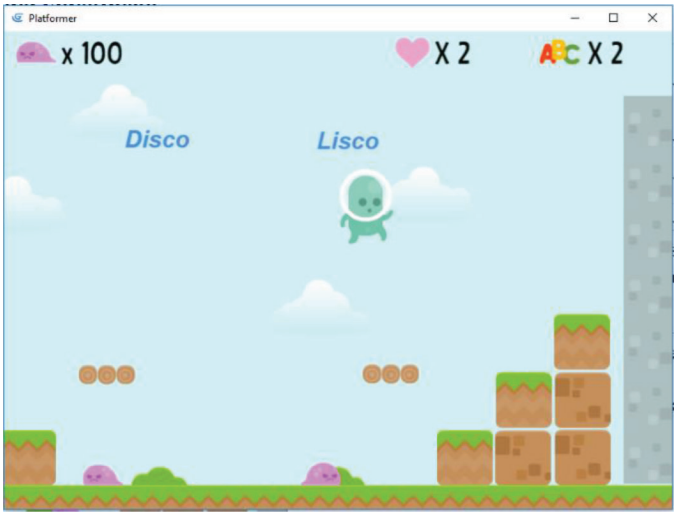


Figura 4 – Interfaz principal del videojuego

A diferencia de la fase de diseño, en la fase de implementación se optó por agregar un puntaje adicional por los enemigos destruidos (parte superior izquierda del escenario), con el fin de mejorar el interés y la inmersión del jugador. Así, en esta nueva versión del juego se cuentan con dos tipos de puntajes: el puntaje por palabras acertadas y el puntaje por enemigos destruidos.



Figura 5 – Interfaz final del videojuego

La mayoría de los objetos dispuestos en el escenario del juego son de tipo sprite (personaje, enemigos y objetos del escenario), mientras que las palabras a escoger y los diferentes puntajes fueron dispuestos mediante mensajes en pantalla. A partir de los sprites y los objetos cargados en el escenario del juego, GDevelop permite programar en la pestaña de eventos, las diferentes acciones que ocurren cuando los sprites y demás objetos interactúan. A modo de ejemplo, en la figura 6 se muestra el evento programado cuando el personaje al saltar choca con la palabra correcta, de modo que se incrementa el contador de aciertos y se reproduce un sonido de acierto. De este modo la plataforma GDevelop resulta más intuitiva en cuanto a la construcción de recursos digitales para diferentes contextos de aplicación, dado que no requiere la codificación del juego, sino la programación de las interacciones entre los diferentes objetos gráficos que componen el videojuego.

El videojuego propuesto se encarga de escoger por cada intento del jugador, un par de palabras de un listado previamente definido. Este listado fue obtenido a partir de ejercicios típicos usados en terapias con personas con dislexia. A modo de ejemplo en la tabla 1 se muestra un fragmento de las palabras en español consideradas dentro del videojuego.

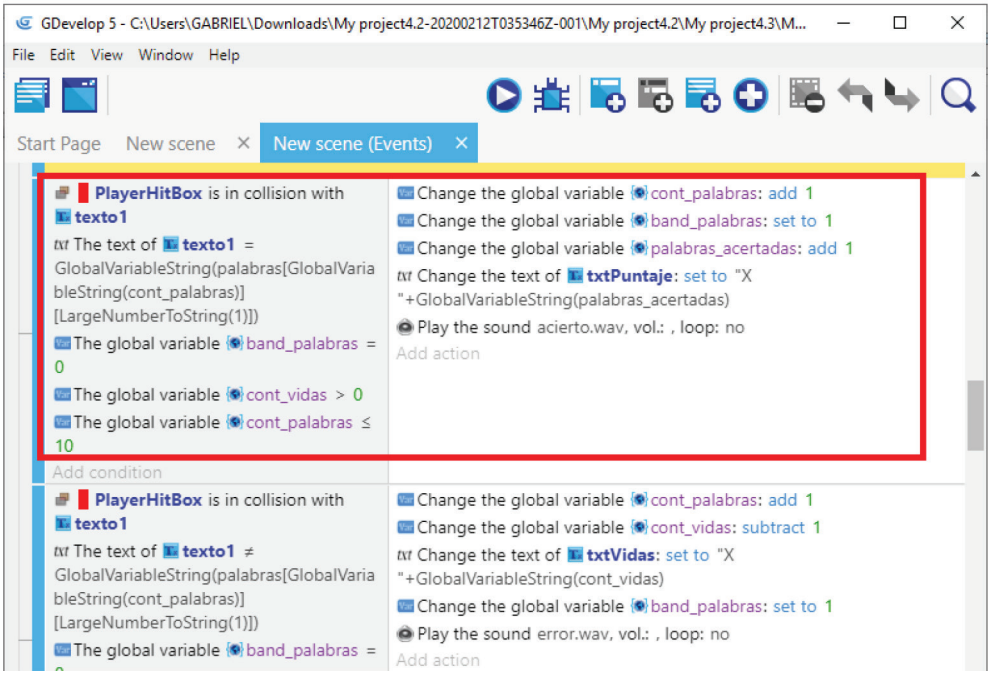


Figura 6 – Pestaña de eventos en GDevelop

Palabra correcta	Palabra incorrecta
Abuela	Atuela
Hermano	Fermano
Mesa	Meza
Cafetera	Catefera
Ratón	Gatón

Tabla 1 – Ejemplos de palabras consideradas

5. Evaluación del videojuego

El videojuego educativo propuesto fue evaluado por un grupo de expertos en el área de la interacción humano computador, haciendo uso de un método de inspección, guiado por los diez principios heurísticos de Pinelle (Pinelle, Wong, & Stach, 2008). Una inspección de usabilidad es el nombre genérico para un conjunto de formas o métodos eficaces de evaluación de las interfaces de usuario con el objetivo de encontrar problemas de usabilidad, son muy informales y fáciles de usar. Este método consiste en la conformación de un grupo de expertos que analizan o inspeccionan una aplicación en cuestión. Estos realizan un informe comentando sobre distintos aspectos de usabilidad de la aplicación,

basándose en su experiencia en el área y teniendo en cuenta un conjunto de principios previamente definidos. Este informe es utilizado para realizar los cambios o ajustes necesarios en la aplicación y resolver los problemas indicados (Enriquez & Casas, 2013; Valentim & Conte, 2014).

A partir de lo anterior, en la tabla 2 se presenta un resumen de las heurísticas empleadas por los evaluadores para la inspección de usabilidad sobre el videojuego educativo propuesto en este artículo.

Heurística	Descripción
H1. Respuesta consistente a las acciones del usuario.	El videojuego debe responder de manera predecible a las diferentes acciones del usuario. En este sentido los movimientos del personaje, las coliciones y las leyes físicas se corresponden con el mundo real.
H2. Personalización de configuraciones multimedia, dificultad y velocidad del juego.	El videojuego debe permitirle al usuario configurar las opciones de audio y video, velocidad del juego y el nivel de dificultad.
H3. Comportamiento predecible y razonable de las unidades controladas.	Las unidades controladas tienen un comportamiento predecible y razonable, guardando relación con el mundo real.
H4. Vistas sin obstrucción para las acciones actuales del usuario.	A lo largo del juego se le debe proporcionar al usuario vistas claras y libres de obstrucción. Del mismo modo el usuario debe tener la posibilidad de seleccionar la cámara que le resulte más adecuada.
H5. Omisión de contenidos frecuentes y repetitivos.	El juego debe posibilitar al usuario la opción de omitir contenidos frecuentes y repetitivos que se presenten en diferentes momentos.
H6. Entradas intuitivas y personalizadas.	Las entradas o mandos con los que el usuario interactua con el juego deben ser intuitivos y personalizables, con el fin de hacer más eficiente la interacción.
H7. Controles fáciles de gestionar con un adecuado nivel de sensibilidad y respuesta.	Los controles con los que se interactua con el juego deben tener el nivel de sensibilidad y respuesta que facilite la interacción del usuario.
H8. Información sobre el estado del juego.	El juego debe proporcionar al usuario información clara sobre el estado del juego (nivel, vidas, salud, armas, etc), la cual le permita cumplir los objetivos de manera adecuada.
H9. Instrucciones, entrenamiento y ayuda.	El juego debe posibilitar al usuario acceder facilmente a la ayuda, la cual a su vez debe ser presentada en forma clara. Se debe proveer también niveles de entrenamiento que faciliten el aprendizaje del funcionamiento del juego.
H10. Representaciones visuales fáciles de interpretar.	Las diferentes representaciones visuales usadas por el juego deben ser faciles de interpretar y acordes con la información del mundo real.

Tabla 2 – Heurísticas consideradas

Una vez inspeccionado grupalmente el cumplimiento de las diferentes heurísticas de usabilidad presentadas en la Tabla 2, se obtuvieron a partir de los comentarios de los expertos un conjunto de aspectos positivos y por mejorar del videojuego educativo

propuesto (ver Tabla 3). Estos aspectos buscan contribuir con la mejora de la usabilidad del videojuego y por ende el nivel de aceptación por parte de los usuarios con dislexia, de tal modo que el juego sea más cercano al usuario y pueda contribuir al desarrollo de terapias de este trastorno.

Heurística	Comentario
H1	El videojuego propuesto responde de manera adecuada a las acciones realizadas sobre el personaje (movimientos realizados al personaje).
H2	El videojuego educativo propuesto no permite la configuración de opciones básicas multimedia, tales como graduar el volumen de la música de fondo o suspenderla.
H6	Aunque las respuestas a las acciones del usuario son adecuadas, el comando para saltar no es intuitivo dado que no se usa la flecha hacia arriba sino la barra espaciadora.
H8	El videojuego educativo presenta de manera adecuada en la parte superior de la pantalla un conjunto de elementos que brindan información clara sobre el progreso del jugador (vidas, enemigos, número de palabras acertadas)
H9	Aunque el juego es en su mayoría intuitivo no cuenta con una opción para visualizar los controles del juego, ni los objetivos del mismo.
H10	Las representaciones visuales son sencillas de entender y hacen que los objetivos del juego seran fáciles de comprender para los jugadores.

Tabla 3 – Comentarios de los evaluadores

6. Conclusiones y trabajos futuros

En el presente trabajo se propuso como aporte un videojuego para apoyar el desarrollo de terapias en niños de educación básica primaria con dislexia, involucrando ejercicios relacionados con el reconocimiento y escritura correcta de palabras básicas en el idioma español. El juego puede ser ejecutado en diferentes plataformas (web, móviles, escritorio) y pretende generar un mayor interés e inmersión en el desarrollo de las terapias convencionales.

La evaluación realizada al videojuego propuesto permitió evidenciar según la opinión de los evaluadores que el juego es sencillo e intuitivo para la interacción con el usuario final. Sin embargo, es posible mejorar ciertos aspectos como la personalización de las opciones multimedia, hacer más intuitivos los comandos de interacción y mejorar las opciones de ayuda.

La plataforma GDevelop demostró ser adecuada para el diseño y construcción de videojuegos o recursos que pueden ser utilizados en el aula de clase. Esta plataforma está dirigida a usuarios no expertos a nivel de programación y hace uso de programación orientada a eventos y acciones de manera gráfica, por lo que resulta intuitiva y con una curva de aprendizaje menor a la de los lenguajes de programación convencionales. Adicionalmente, esta plataforma permite la exportación del videojuego a diferentes plataformas, aportando ventajas de portabilidad y flexibilidad a los juegos construidos.

Mediante el uso de plataformas orientadas a no desarrolladores como es el caso de GDevelop o Construct, se busca promover el desarrollo de recursos tecnológicos

orientados a la rehabilitación por parte de profesionales de las diferentes áreas del conocimiento.

Como trabajo futuro derivado de la presente investigación, se pretende incluir un mayor número y tipo de ejercicios dentro del juego propuesto, así como mejorar la funcionalidad de acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación realizada. Del mismo modo se pretende una vez ajustados los problemas de usabilidad, evaluar el juego en un entorno real de tipo educativo.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de Cartagena, a la Universidad del Quindío y a la Universidad del Cauca, por toda su colaboración para realizar el presente trabajo.

Referencias

Carratalá, S. (2019). Problemas de aprendizaje - Dislexia. *Gaceta Optometría y Óptica Oftálmica*(483), 24-30.

Casas Alvarado, D. (Junio de 2018). *Desarrollo de un videojuego serio para el diagnóstico de dislexia considerando la satisfacción del usuario*. Repositorio Bibliográfico Universidad Autónoma de Aguas Calientes. Aguas Calientes: Universidad Autónoma de Aguas Calientes. Recuperado el 9 de diciembre de 2019, de https://bit.ly/2tIABmZ

Chanchí, G., Gómez, M., & Campo, W. (2019). Propuesta de un videojuego educativo para la enseñanza-aprendizaje de la clasificación de requisitos en ingeniería de software. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação* (E22), 1-14.

Cuartas, J. (2016). *Creation of videogames with GDevelop*. Bogotá-Colombia: Fundación Universitaria los Libertadores.

dinngo. (2019). *Design Thinking en español*. Recuperado el octubre 2019, de https://bit.ly/2sSa0U8

Enriquez, J., & Casas, S. (2013). Usabilidad en aplicaciones móviles. *Informe Científico Técnico UNPA*, 25-47.

Fratini, V., Acha, J., & Laka, I. (2015). *Lectura y Dislexia*. País Vasco - España: Universidad del País Vasco.

Gobierno de Aragón. (2017). *La dislexia: Guía de detección y actuación en el aula*. Aragón-España: Gobierno de Aragón.

Grau, J. (2007). Pensando en el usuario - La usabilidad. *Anuario ThinkEPI, 1*(1), 172-177.

Henriksen, D., Richardson, C., & Rohit, M. (2017). Design Thinking: A Creative Approach to Educational Problems of Practice. *Thinking Skills and Creativity, 26*, 140-153.

Jiménez-Porta, A., & Diee-Martínez , E. (2018). Impacto de videojuegos en la fluidez lectora en niños con y sin dislexia. El caso de Minecraft. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa, 17*(1), 77-90. doi: http://dx.medra.org/10.17398/1695-288X.17.1.77

Kelley, T., & Littman, J. (2001). *The art of innovation: lessons in creativity from IDEO, America's leading design firm*. New York: Currency. Obtenido de https://www.ideo.com/post/the-art-of-innovation

Kröper, M., Fay, D., Lindberg, T., & Meinel, C. (2010). Interrelations between Motivation, Creativity and Emotions in Design Thinking Processes - An Empirical Study Based on Regulatory Focus Theory. *Proceedings of the 1st International Conference on Design Creativity ICDC 2010* (págs. 97-104). Kobe, Japan: Design Society. Obtenido de https://bit.ly/34JCVqR

Mera, A., Jaramillo, M., Márceles, K., & Chanchí, G. (2018). Herramienta TIC enfocada al manejo adecuado del sembrado del Café. *SINNEM 2018* (pág. 138). Popayán-Colombia: Universidad del Cauca.

Mueller, R. M., & Thoring, K. (2012). Design thinking vs. Lean startup: a comparison of two userdriven innovation strategies. *2012 International Design Management Research Conference*. Boston.

Mutis, E. (2016). *Diseño de una Aplicación dirigida al área de la salud para el control de agendamiento de citas y servicios domiciliarios médicos para pacientes*. Catalunya: Universitat Oberta de Catalunya.

Pérez-Ortega, I. (2017). Creación de Recursos Educativos Digitales: Reflexiones sobre Innovación Educativa con TIC. *International Journal of Sociology of Education*, 244-268.

Pinelle, D., Wong, N., & Stach, T. (2008). Heuristic Evaluation for Games: Usability Principles for Video Game Desing. *CHI 2008 Proceedings - Game Zone*, (págs. 1453-1462). Florencia-Italia.

Razzouk, R., & Shute, V. (2012). What Is Design Thinking and Why Is It Important? *Review of Educational Research, 82*(3), 330-348.

Rhinow, A., Noweski, C., & Meinel, C. (2012). Transforming Constructivist Learning into Action: Design Thinking in education. *Design and Technology Education: An International Journal, 17*(3). Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/332343908_Transforming_Constructivist_Learning_into_Action_Design_Thinking_in_education

Sanchez, W. (2011). La usabilidad en Ingeniería de Software: definición y características. *Revista Ing-novación*, 7-21.

Serrano, M., & Blázquez, P. (2015). *Design Thinking - Lidera el presente, crea el futuro*. Madrid: ESIC Editorial.

Tamayo, S. (2017). La dislexia y las dificultades en la adquisición de la lectoescritura. *Profesorado, 21*(1), 423-432.

Valentim, N., & Conte, T. (2014). Improving a Usability Inspection Technique Based on Quantitative and Qualitative Analysis. *Brazilian Symposium on Software Engineering* (págs. 171-180). Maceio: IEEE.

Viquez, I. (2014). Las TIC en la educación inclusiva e influencia en el aprendizaje de preescolares. *Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación* (págs. 1-15). Buenos Aires - Argentina: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación.

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

Recebido/Submission: 13/12/2019
Aceitação/Acceptance: 23/02/2020

El Arte Operacional con perspectiva ecuatoriana para el presente y futuro

Andrade Daza Galo[1]

gandradedaza@hotmail.com

[1] Capitán de Fragata de Estado Mayor de la Armada del Ecuador, Centro de Estudios Estratégicos y Marítimos de la Armada, Guayaquil, Ecuador.

Pages: 187–197

Resumen: La investigación tuvo como objetivo determinar la importancia del arte operacional para encontrar respuestas adecuadas a los problemas militares actuales y futuros. Ante la limitada producción local sobre este tema, esta investigación documental, se basó especialmente en información bibliográfica extranjera, se analizaron aleatoriamente los elementos del arte operacional estudiados por distintos autores, con el fin de visualizar para el lector su forma de empleo, establecer las relaciones existentes entre arte, diseño y aproximación operacionales, que en conjunto, como se concluye en esta investigación, son de extrema utilidad hoy para la resolución de problemas militares convencionales y serán imprescindibles para enfrentar aquellos problemas de seguridad, que tienen componentes y una estructura cuya solución trasciende lo militar; frente a los cuales la acción coordinada de los organismos del Estado será necesaria y el arte operacional contribuirá a la sinergia imprescindible para alcanzar resultados satisfactorios.

Palabras-clave: arte operacional; diseño operacional; seguridad.

Operational Art with an Ecuadorian perspective for the present and future

Abstract: The research aimed to determine the importance of operational art to find appropriate answers to current and future military problems. Given the limited local production on this subject, this research was based especially on foreign bibliographic information, the elements of operational art studied by different authors were randomly analyzed, in order to visualize for the reader their form of employment, establish relationships existing between art, design and operational approach, which as a whole, as concluded in this investigation, are extremely useful today for the resolution of conventional military problems and they will be essential to face those security problems, which have components and a structure whose solution It transcends the military, and against which the coordinated action of State agencies will be necessary and operational art will contribute to the synergy to achieve satisfactory results.

Keywords: operational art; design operational; security.

1. Introducción

Como lo demuestran varios acontecimientos de los últimos años, los problemas de seguridad a los que se enfrentará el Estado a futuro son complejos y cada vez más inciertos, siendo por tanto evidente para el planificador militar y para las autoridades civiles, la necesidad de entenderlos con claridad para encontrar alternativas de solución realmente útiles; aquí radica la importancia del tema, puesto que a pesar de lo evidente de esta situación, las respuestas a esta problemática aún están en debate, convirtiéndose por tanto en una obligación de la academia, su estudio y análisis. Precisamente el arte operacional se constituye en un elemento útil para la construcción de estas respuestas.

De esta forma, este trabajo se centra en un área de conocimiento que, como se plantea en este texto, debe ser estudiado con mayor profundidad. Al respecto cabe indicar que sería interesante encontrar un texto de arte operacional que de manera explícita establezca su origen; sin embargo, la mayoría de ellos evidencian la dificultad de ubicarlo con claridad; y como lo indica Blythe (2018), el arte operacional es uno de los conceptos más controvertidos del pensamiento militar moderno y no se ha mantenido estático desde que ingresó en la doctrina estadounidense en el año 1986.

A pesar de ello, parece existir unanimidad de criterio al concebir el arte operacional como la habilidad que han tenido los estrategas militares a través de los tiempos para entregar al nivel táctico su visión estratégica. Bastaría remontarse a cualquiera de los tantos ejemplos históricos para establecer, en función de los conceptos actuales, la presencia de los elementos del arte operacional en la planificación militar de aquellos tiempos; tal como lo desarrollan Kenny, Locatelli, Zarza (2017), quienes en su libro "ARTE Y DISEÑO OPERACIONAL" detallan una ingeniosa forma de visualizarlo, a través del relato de un comandante operacional que busca en la historia la respuesta a preguntas esenciales a las que se enfrenta el planificador militar. Sin embargo, el arte operacional propiamente dicho, surge del estudio y aporte de varios países, entre ellos Alemania, Rusia y Estados Unidos.

Como se indicó, Kenny et al. (2017), establecen que el esfuerzo operacional entendido como "la aplicación y/o concentración de medios, fuerzas o efectos en un espacio y tiempo dados para obtener un resultado favorable" (p.28) estaría presente en los escritos atribuidos a Sun Tzú. De igual forma el actual concepto de campaña, podría ser visualizado en las primeras campañas romanas; sin dejar de lado la forma en que el alcance operacional se evidenciaría en el medievo y por su parte, a Clausewitz se le atribuye una primera aproximación a lo que hoy se conoce como centro de gravedad.

De esta forma, sutilmente, el esfuerzo operacional, la campaña, el alcance operacional y el centro de gravedad, elementos del arte operacional actual, son ubicados en las diferentes etapas de la historia militar mundial; sin embargo, estas metáforas son únicamente un recurso académico para el entendimiento de la presencia de elementos que fueron empleados históricamente a pesar de no tener una denominación propia y en algunos casos ni siquiera haber sido estudiados en ese momento.

Como lo indica Campos (2018), recién en el siglo anterior, ante la progresiva complejidad de la guerra, la visión prospectiva y liderazgo intelectual de prominentes militares rusos en los años veinte y treinta de dicho siglo, entre los que destaca Tuckhachevsky,

desarrollan un nuevo concepto, el arte operacional, que pretende traducir el pensamiento estratégico a la acción táctica y viceversa, estableciendo los modos en que se aplicará el nivel táctico en función de los fines estratégicos.

Para algunos autores como Kenny et al. (2017), el alemán Helmuth von Moltke contribuyó significativamente en el desarrollo de algunos elementos del diseño operacional, relacionado intrínsecamente con el arte operacional, por lo que se ubica a Moltke entre sus precursores; Astorga (2011) ubica al alemán como uno de los primeros militares en utilizar el término operativo[1].

Para quien desee profundizar en su estudio se recomienda no dejar de lado la perspectiva de los importantes aportes estadounidenses a la evolución del arte operacional actual, especialmente las experiencias de Vietnam y la evolución conceptual de los últimos años. En esta evolución se evidencia la necesidad de una apertura mental absoluta, elevado nivel de pensamiento crítico y creativo para su correcta aplicación.

Con estos antecedentes, el presente trabajo plantea que el arte operacional, el diseño y su aproximación operacional tienen elementos, que bien entendidos, son de extrema utilidad en la actualidad y serán necesarios en los escenarios futuros; más aun considerando que estos últimos cada vez son más complejos y difíciles de analizar. Al respecto, es importante lo planteado por Lincoln (s.f.) quien establece que actualmente el arte operacional se orienta a superar la ambigüedad de los entornos operativos modernos, caracterizados tanto por su complejidad como por el necesario enfoque interdisciplinario para comprender mejor el problema al que se enfrenta.

Sin embargo, una de las dificultades que tiene quien utiliza el arte operacional, es lograr la comprensión clara de sus elementos, la diferencia entre cada uno de ellos, y sobre todo la forma de aplicarlo correctamente. En esto se centra el objetivo general de este trabajo, facilitar al lector la comprensión del arte operacional, del diseño y su aproximación operacional; y evidenciar la utilidad que tienen para encontrar soluciones adecuadas a los problemas a los que las fuerzas militares se enfrentan en la actualidad y en los escenarios futuros.

El tema trasciende el nivel académico y el nivel militar, pues su aplicación real está fuera de las aulas de estudio y muchos de los problemas a los que se enfrentan las fuerzas de seguridad de los Estados no tienen una solución militar, esta es tan solo una parte de las respuestas integrales requeridas. De esta forma el trabajo profundiza en algunos de sus elementos y la forma de aplicarlos; inicialmente en problemas en los cuales el adversario tiene respuestas lógicas para las cuales el sistema en general está preparado, y posteriormente determinar su utilidad frente a adversarios cuya lógica de funcionamiento es distinta y debe ser analizada como un sistema complejo formado por actores e influencias inciertas sobre las cuales el Estado debe adecuar su accionar en conjunto.

2. Arte operacional, diseño operacional y aproximación operacional

Hace algunos años, un reconocido instructor de una Academia de Guerra, de forma enfática indicaba que se requería mucha madurez intelectual para entender

[1] Se refiere al actual nivel operacional. Ubicado entre los niveles táctico y estratégico.

adecuadamente el arte operacional, de la cual carecían los oficiales que cursaban cursos más tácticos; sin embargo, hoy en día es un hecho aceptado que el nivel táctico debe al menos entender los elementos básicos del arte operacional. Esto no invalida la idea central expresada en aquellos años, pues se debe ser tácito en indicar que no es fácil entenderlo y consecuentemente su estudio debe ser profundo, porque como se pretende demostrar en este trabajo, el punto de partida de la planificación de cualquier operación militar, el análisis de la situación, la determinación de la naturaleza del problema puede ser mucho mejor sustentada a través de su aplicación. Tómese en consideración que, algunas de las operaciones a las que se enfrentan las fuerzas militares no tienen necesariamente esa naturaleza, especialmente en el ámbito interno; el no comprenderlo puede generar consecuentemente un desgaste innecesario en el nivel táctico sin lograr alcanzar los objetivos y estados finales deseados del nivel superior para dichas operaciones.

En el camino hacia un mejor entendimiento del arte operacional, es necesario centrarse en lo que permite su aplicación, que de forma concreta se puede resumir en la integración y coordinación adecuada entre los niveles táctico, operacional y estratégico; logrando de esta forma la armonización entre objetivos y los medios a través de los modos en que se ejecutarán las operaciones.

En el desarrollo del estudio del arte operacional, surge una pregunta: ¿Se podría asegurar que la aplicación del arte operacional garantiza el éxito en una operación militar? o más interesante aún: ¿La no aplicación del arte operacional impide alcanzar los objetivos planteados? Y las respuestas al igual que el mismo arte operacional, no pueden ser absolutas; sin embargo, con seguridad su aplicación por lo menos garantiza que en el éxito o fracaso de las operaciones militares el azar tuvo un grado menor de participación; por lo tanto, el lector de este artículo debe estar seguro de que, si no aplica o no comprende adecuadamente los elementos del arte operacional su éxito o fracaso en las operaciones que planifique o conduzca dependerá de todo, menos de su real capacidad y de la de su Estado Mayor, consecuentemente sus condecoraciones o condenas debería entregárselas al azar. Como lo indica Batch (2017), para Lawrence Freedman profesor de historia militar en el Reino Unido, la aplicación de la fuerza con razonamiento disminuye la relevancia del azar en la guerra.

Locatelli (2016) plantea una pregunta interesante "¿cómo hicieron los comandantes operacionales modernos para traducir las necesidades de la estrategia nacional y militar en exitosas campañas ejecutadas por el nivel táctico?" (p.31). Esta perspectiva es lo suficientemente práctica para contribuir a una mejor comprensión del arte operacional y de su utilidad, toda vez que lo visualiza, como un traductor que pretende indicar al nivel táctico lo que quiere decir y planificó el nivel estratégico.

Utilizando esta perspectiva, es útil una analogía que a pesar de simple y poco ortodoxa, puede ayudar a entender el funcionamiento real del arte operacional, del diseño operacional y la consecuente aproximación operacional. Si el comandante del nivel operacional tiene que "traducir" para su nivel táctico lo establecido por el nivel estratégico, necesitará lo que todos quienes se enfrentan a un nuevo idioma requieren: vocabulario para expresar sus ideas, gramática para organizarlas y combinar los elementos del idioma adecuadamente y un sistema de escritura que permita su representación. En el caso de estudio, el arte operacional se encarga de definir ese vocabulario, el diseño

operacional lo organiza y combina en función de la situación específica y la aproximación operacional expone visualmente el resultado del proceso.

Continuando con la idea, no es suficiente conocer el significado de centro de gravedad, de una pausa operacional o del estado final deseado, posiblemente sea más importante entender la finalidad de dichos elementos, las consideraciones y diferentes connotaciones en su aplicación. Al respecto se debe ser enfático, sería un error dogmatizar el arte operacional y convertirlo en una cátedra en la cual los dicentes solo aprendan y repitan conceptos; en el arte operacional se debe analizar, profundizar, aplicar pensamiento crítico y creativo. Recuérdese siempre que no existen soluciones científicas ni dogmáticas para fenómenos tan complejos como el conflicto y la guerra.

3. Elementos del arte y diseño operacional

Los elementos del arte y del diseño operacional deben ser entendidos de forma integral, es decir, no solo conceptualizarlos, deben ser comprendidos en el contexto de su aplicación práctica; utilizar los conceptos del arte operacional para diseñar una forma de aproximación hacia el centro de gravedad del adversario. Este es la perspectiva que se emplea en el presente trabajo para describir estos elementos.

De acuerdo al direccionamiento recibido por el nivel superior, el comandante operacional espera al término de las operaciones militares, no solo conseguir la victoria sino hacerlo en adecuadas condiciones (estado final deseado), para ello establece la acción que va a realizar sobre un objeto propio o del oponente, entendido este conjunto como objetivo operacional; analiza el tiempo en el que se desarrollarán las operaciones, sus fuerzas y las del oponente, el espacio involucrado (factores operacionales). Estos factores operacionales adecuadamente direccionados hacia el objetivo operacional se constituyen en el esfuerzo operacional que permite configurar la maniobra operacional; la cual, para guardar coherencia con los preceptos válidos en la guerra en el mar, debería incluso contener aquello que es importante para Solis (2012), la estratagema[2].

Sin embargo, el comandante debe estar en capacidad de diseñar un esquema que le ayude a visualizar su idea de maniobra, es decir el resultado físico de su diseño operacional, la aproximación operacional. Esta tiene un elemento sustancial, el centro de gravedad, el cual para Eikmeier (2010) es el ente primario que posee la capacidad inherente para alcanzar el objetivo. Expresado de forma más concisa, aunque con seguridad de forma imperfecta, aunque útil para los fines de esta investigación, el centro de gravedad podría entenderse como el elemento fundamental para el cumplimiento de la misión (de esta forma se integra al concepto tradicional la necesaria vinculación al objetivo operacional planteado por Eikmeier).

Este centro de gravedad tiene "capacidades críticas" que son sustanciales para alcanzar el objetivo (entendidas como habilidades para Kenny et al. (2017)), tiene "requerimientos críticos" que permiten su funcionamiento y "vulnerabilidades críticas" sobre las cuales el enemigo puede y está en la capacidad de actuar generando resultados decisivos en las

[2] De acuerdo con el autor citado, la estratagema persigue el engaño y tiene tres variantes básicas: encubrimiento, diversión y ofuscación, sin límites definidos tendientes a generar engaño.

operaciones; estas últimas están ligadas con los puntos decisivos, condiciones a través de las cuales se llegará a actuar sobre el centro de gravedad del adversario.

Como es evidente, se busca visualizar la forma en que se orientarán los esfuerzos operacionales propios para actuar sobre el centro de gravedad contrario, por lo tanto, es imprescindible determinar tanto el centro de gravedad propio como el del enemigo. En este punto es pertinente aclarar las dudas y evitar errores que pueden surgir al determinar el centro de gravedad, especialmente por la tendencia tradicional de visualizarlo únicamente desde la perspectiva de la fortaleza crítica, de la fuente de poder de la organización dejando en segundo plano el cumplimiento del objetivo. Tómese en consideración que, por razonamiento lógico, si no se analiza el objetivo operacional, y solo se toma en cuenta las fortalezas propias, el centro de gravedad de una organización siempre será el mismo; por esta razón, es pertinente utilizar como punto de inicio el objetivo, tal como lo plantean Kenny et al. (2017).

Los autores antes citados plantean el método "fines, modos y medios" (p.92), comprensible y práctico para determinar dicho centro de gravedad; este se inicia en la determinación del objetivo operacional, para posteriormente identificar todos los modos o acciones que permiten alcanzar los fines deseados y de ellos elegir el que la evidencia determine que probablemente será utilizado[3], estableciendo de esta forma la capacidad, entendida como "habilidad" para alcanzar el fin. De esta capacidad se deriva la lista de medios necesarios para ejecutarla y el "ente" (sustantivo) que inherentemente posee la capacidad crítica de alcanzar el fin" (p.92) es el centro de gravedad.

Este método es una alternativa muy útil cuando las fuerzas se enfrentan a sistemas no tradicionales, toda vez que en dichas circunstancias la concepción de análisis evidentemente será distinta y tendrá un peso muchísimo mayor la determinación del o los objetivos operacionales; este análisis será profundizado posteriormente, en tanto, es importante continuar con los elementos del diseño operacional y su visualización en la denominada aproximación operacional[4], la cual debería cumplir esencialmente con un cometido para que sea realmente útil: permitir la visualización de la maniobra concebida.

Por lo indicado, independientemente del modelo gráfico que se utilice para tal fin[5], debe plasmar con claridad la forma en que los factores operacionales de espacio, fuerza y tiempo se conjugan formando un esfuerzo operacional dirigido hacia el centro de gravedad del adversario, a través de los puntos decisivos, entendidos como las condiciones que se esperan alcanzar progresivamente hasta lograr el objetivo operacional y consecuentemente la misión asignada; por esta razón es fundamental que estos puntos decisivos estén relacionados con las vulnerabilidades críticas encontradas al centro de gravedad del adversario. Como lo indican algunos autores, el término "condiciones

[3] La inteligencia, como es evidente, es parte sustancial del proceso en todo momento.

[4] No existe unanimidad de criterio al respecto entre los distintos autores, sin embargo, utilizar la expresión aproximación operacional puede ser lo más adecuado para comprender la forma de desarrollo y especialmente la importancia de plasmar de forma gráfica los elementos que el comandante operacional y su estado mayor analizan por medio del arte operacional para llegar al centro de gravedad del adversario.

[5] No existe un único modelo gráfico de visualizar el diseño operacional, al contrario, la creatividad del planificador debe ponerse en evidencia el momento de elegir la opción que en función de la situación sea el más adecuado.

decisivas" sería conceptualmente más adecuado que "puntos decisivos", más aún si en su promulgación se recomienda el empleo del gerundio para reforzar la necesidad de entenderlos como condición a ser alcanzada (Kenny et al., 2017).

A pesar de que en esta breve descripción no se han utilizado todos los elementos del arte operacional (está ausente el momentum, la pausa operacional, los puntos de decisión entre otros), con lo descrito se demuestra la importancia del arte, del diseño y su aproximación operacional para desarrollar la esencia del nivel operacional, determinar los modos en que los medios se acoplan y aplican en función del fin esperado por el nivel estratégico; es decir, tiene una comprensión clara del problema al que se enfrenta y visualiza como resolverlo.

Sin existir consenso entre los distintos autores sobre el momento preciso de realizarlo, en este punto el arte operacional pasa la posta al proceso de planeamiento naval y no dejará de estar presente durante su desarrollo y ejecución de las operaciones para establecer las desviaciones existentes, las mejoras o cambios requeridos. Como se indica en Joint and Coalition Warfighting. (2011) "El diseño operacional no reemplaza al planeamiento, pero este es incompleto sin su diseño" (p. x-4).

4. El arte operacional en escenarios futuros.

Como será evidente para el lector, el arte operacional desde la perspectiva planteada es extremadamente útil y confiable para un tipo de problema militar convencional, en el cual el planificador cuenta con el conocimiento de determinadas respuestas lógicas de la organización a la que se enfrenta, lo que podría entenderse como un sistema de respuestas lineales. Por ejemplo, una fuerza de tarea naval en combate pierde su buque insignia en el cual se centralizaba el mando y control de la fuerza, esta pérdida tendrá como consecuencia lógica, el cambio de puesto de mando y control, la sucesión correspondiente de mando en caso de afectaciones a la integridad física del comandante, entre otras tantas. Este tipo de funcionamiento del sistema es tan evidente, que el lector con seguridad habrá encontrado un sinnúmero de consecuencias al hecho planteado, adicionales a las descritas en este párrafo.

Sin embargo, ¿Qué sucede cuando se enfrenta a sistemas en los cuales las respuestas no tienen la lógica tradicional, en las cuales no existen organizaciones jerárquicas bien definidas o inclusive su clandestinidad dificulta el análisis para la determinación correcta de un centro de gravedad?

Lejos de pensar que el arte operacional deja de tener valor, su esencia, el pensamiento crítico y creativo, permitirá adoptar nuevas perspectivas de análisis para entender adecuadamente estos problemas. Tal como lo indica el manual de diseño operacional para planificadores de los Estados Unidos, citado anteriormente, al plantear un ejemplo sobre análisis de una operación anti-drogas, en este tipo de sistemas asimétricos, es necesario visualizar a los sistemas como redes formadas por nodos (actores) unidos a través de enlaces (relaciones) que lo configuran y permiten la visualización del sistema en conjunto; evidenciando un esquema de funcionamiento y relacionamiento que facilita la comprensión de estos sistemas complejos y sobre todo la determinación de aquellos puntos en los cuales es necesario actuar para enfrentarlos.

Para visualizar de mejor manera lo anteriormente indicado, a continuación, se presenta un gráfico cuya idea base está tomada del Joint and Coalition Warfighting. (2011) y representa un caso hipotético, de un sistema fuera de la ley formado por siete actores; seis que desarrollan sus actividades a nivel nacional (1-2-3-4-5-7) y una a nivel internacional (6).

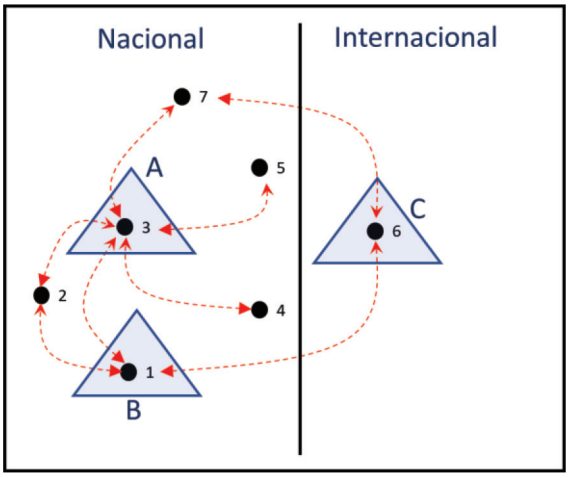


Figura 1 – Caso hipotético de un sistema con relaciones a nivel nacional e internacional

En este caso el análisis de los hechos determina la existencia de relaciones entre cada uno de estos actores (líneas rojas punteadas), el establecimiento de estas relaciones es fundamental para definir los actores de mayor influencia y consecuentemente la forma más adecuada para enfrentar al sistema.

Como se puede observar, conceptualmente no existe un centro de gravedad de este sistema, sino varios centros de gravedad en distintos ámbitos de actuación; por lo tanto, la acción coordinada del Estado (Triángulos A, B y C) sobre los actores con mayor influencia lo debilitará. El triángulo C evidencia la necesidad de acciones a nivel internacional por parte del organismo a cargo de las relaciones exteriores, posiblemente A correspondería a aquellas acciones en el ámbito económico y únicamente B representaría a aquellas del ámbito militar y/o policial.

Como se evidencia, habría que plantearse inclusive que elementos como el centro de gravedad, en estos casos, debería ser visualizado desde otra perspectiva, más aún cuando en estos sistemas que no obedecen a la lógica de análisis tradicional, es casi imposible determinar un centro de gravedad que realmente cumpla con las características tradicionalmente atribuidas a este elemento; mantener el paradigma tradicional podría derivar en errores de apreciación que lleven al Estado y sus organismos de seguridad hacia una lucha contra elementos puntuales de estos sistemas sin alcanzar la tan anhelada percepción de seguridad por parte de la ciudadanía. En este sentido, una adecuada apertura mental y la comprensión de la forma en que el arte operacional puede

ayudar a analizar cada caso puntual, logrará entregar la sinergia necesaria para la mejor solución a estos problemas.

Sin embargo, es determinante entender que ante estas situaciones las soluciones no son exclusivas del ámbito militar, al contrario, estas fuerzas son solo parte del entorno operacional identificado con el acrónimo PMESII (Político, militar, económico, social, de información e infraestructura); y muy seguramente, existirá más de un centro de gravedad sobre los cuales se requerirán acciones que pueden ser de carácter diplomático, de información, militares, económicas entre otras. Joint and Coalition Warfighting (2011). En este sentido, el análisis debe ser absolutamente pragmático; tener presente la influencia cada vez más fuerte de elementos como la desigualdad social en los países de la región, que se convierte en caldo de cultivo, para la proliferación de acciones con desenlaces impredecibles por parte de grupos que pueden explotar dichas condiciones en perjuicio del Estado; y cada vez, con mayor fuerza, será necesario comprender la esencia de la misión institucional.

Como se ha indicado, este tipo de problemas, difícilmente tendrán una naturaleza militar, serán el producto de interacciones sociales que desembocan en niveles de violencia que mal analizados podrían recibir una respuesta militar que definitivamente no logrará alcanzar sus objetivos, produciendo únicamente un desgaste innecesario de la fuerza y la imposibilidad de llegar al cumplimiento de las misiones asignadas.

Desde esta perspectiva es fundamental comprender que los cambios en todos los ámbitos del accionar humano y la dinámica con la que se desarrollan los fenómenos sociales, influenciados especialmente por la tecnología, vuelven obsoletos la mayor parte de paradigmas existentes. El conflicto en cualquiera de sus expresiones, como fenómeno intrínseco a la historia de la humanidad, no es ajeno a esta coyuntura; inclusive no sería de extrañar que a corto o mediano plazo los niveles de conducción de la guerra puedan ser cuestionados, como lo indica Astorga (2011), el NEC (Network Engagement Capability o Network Enabled Capability) podría invalidarlos de alguna forma y plantear nuevas perspectivas para su estudio.

Por lo tanto, lejos de establecer un mecanismo único de respuesta ante estos problemas, el arte operacional contribuirá al análisis de su naturaleza y sus posibles soluciones, sin embargo, para que estas sean adecuadas, deberán tener un involucramiento mayor de todos los actores estatales y ser el producto de nuevos enfoques de análisis con perspectivas más profundas e integrales. Esto conduce a pensar en la necesidad cada vez más evidente de cambios en Fuerzas Armadas, nuevos paradigmas mentales que den solución a los problemas con los que se enfrentarán en una sociedad como la actual e inclusive la necesidad de compartir este tipo de perspectivas como el arte operacional, con los actores no militares, poco habituados a este tipo de planificación, pero gestores importantes para la solución integral de estos problemas.

Consecuentemente, se vuelve imprescindible una transformación institucional entendida como “un proceso continuo a largo plazo que involucra nuevos conceptos, doctrina, procesos, capacidades, organizaciones, tecnología y personas capacitadas para manejarlas, pero principalmente, involucra un cambio profundo en la cultura organizacional” Vera (2019).

4. Conclusiones

A través de la investigación documental realizada, se lograron extraer elementos importantes del arte operacional, para explicar de forma práctica, un área de conocimiento que en el Ecuador aún tiene camino por recorrer; constituyéndose éste en un primer paso hacia la profundización conceptual desde una perspectiva ecuatoriana y el análisis del arte operacional, del diseño operacional y su aproximación operacional, los cuales entendidos adecuadamente, permiten comprender los problemas y visualizar soluciones consecuentes con su verdadera naturaleza; tanto en aquellos problemas de seguridad a los que se enfrenta en la actualidad el Estado, como en aquellos a los que se enfrentará en el futuro, en entornos convencionales como en otros más complejos.

Una de las limitaciones para esta investigación documental fue la falta de unanimidad de criterios conceptuales y su forma de aplicación; siendo este uno de los retos futuros que plantea este trabajo para los investigadores militares y civiles: generar desde la perspectiva ecuatoriana, referencias teóricas sobre arte operacional, que sean de utilidad para los planificadores, no solo militares sino todas aquellas personas vinculadas al ámbito de seguridad. Al respecto, con lo analizado en este trabajo, se evidenció que esta área de conocimiento, el arte operacional, el diseño operacional y la aproximación operacional, deberían ser abordados por las autoridades estatales y divulgados también en los centros de formación de personal civil vinculados a la seguridad, especialmente en los niveles de dirección; con la finalidad de alcanzar a mediano plazo, la sinergia necesaria en las acciones estatales tendientes a entregar a la sociedad la tan anhelada percepción de seguridad.

Referencias

AGUENA. (2013). *Proceso de planeamiento naval*. Guayaquil: Academia de Guerra Naval

Astorga, L. (2011). La esencia de la guerra y el concepto NEC. *Boletín de información de la Universidad de la Rioja UNIRIOJA* (322), 5-26.

Bach, M. (2017, 28 de enero). Lawrence Freedman: "La estrategia es el arte de crear poder". *La Vanguardia*. Recuperado de: https://www.lavanguardia.com/cultura/20170128/413762407637/culturas-entrevista-lawrence-freedman.html

Blythe, W. (2018). A history of art operational. *Military Review of Army University Press*. 37-49.

Campos, M. (2018). El arte operacional ruso: de Tukhachevsky a la actual «doctrina Gerasimov». *Boletín del Instituto Español de Estudios Estratégicos*, (10), 333-347. Recuperado de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6555511

Eikmeier, D (2010). *Redefining the Center of Gravity*. JFQ (59), 156-158

Joint and Coalition Warfighting. (2011). *Planner's Handbook for Operational Design*. Recuperado de: https://www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Doctrine/pams_hands/opdesign_hbk.pdf

Kenny, Locatelli y Zarza (2017). *Arte y diseño operacional*. Buenos Aires: Escuela Superior de Guerra Conjunta de las Fuerzas Armadas.

Lincoln, W. (s.f.). Operational art: how do you know if you are doing it right?. *Small Wars Journal*. Recuperado de: https://smallwarsjournal.com/jrnl/art/operational-art-how-do-you-know-if-you-are-doing-it-right

Solis, O. (2012). *Estrategia Naval Tomo II*. Guayaquil: Academia de Guerra Naval

Vera, P. (2019). Transformación militar esfuerzo y compromiso institucional. *Military Review 2019*. 34 – 45. Recuperado de: https://www.armyupress.army.mil/Portals/7/military-review/Archives/Spanish/Vera-Transformacion-militar-SPA-Q3-2019.pdf.

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

Recebido/Submission: 29/11/2019
Aceitação/Acceptance: 08/01/2020

Métodos de seguridad de la información para proteger la comunicación y los datos de servicios web REST en peticiones HTTP utilizando JSON Web Token y Keycloak Red Hat Single Sign On

Christian Muyón[1], Franklin Montaluisa[1]

christian.muyon.rivera@gmail.com, fjmontaluisa@espe.edu.ec

[1] Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Centro de Postgrados, 170511, Sangolquí, Ecuador.

Pages: 198–213

Resumen: Actualmente los protocolos y estándares abiertos que se utilizan para intercambiar datos entre aplicaciones o sistemas son los servicios web. REST es la API de servicios de internet más utilizada debido a la lógica y facilidad para intercambiar datos sin embargo esta tecnología al utilizar el protocolo no seguro HTTP como medio de comunicación compromete la información que gestiona. Este artículo identifica alternativas de mitigación a las vulnerabilidades que surgen al utilizar web services REST sobre el protocolo HTTP, a través de una combinación de las tecnologías JSON Web Token y Keycloak Red Hat Single Sign On se formula métodos de seguridad de la información que permiten proteger la comunicación y los datos de servicios web REST en peticiones HTTP. Se exponen los resultados obtenidos al realizar pruebas con la solución planteada y se compara los hallazgos generados con artículos similares.

Palabras-clave: Jwt; Openid-connect; Security-domain; Postman; Auth.

Information security methods to protect REST web services communication and data in HTTP requests using JSON Web Token and Keycloak Red Hat Single Sign On

Abstract: Currently the protocols and open standards that are used to exchange data between applications or systems are web services. REST is the most used Internet services API due to the logic and ease of exchanging data, however, this technology is using the non-secure HTTP protocol as a means of communication compromises the information it manages. This article identifies mitigation alternatives to the vulnerabilities that arise when using REST web services over the HTTP protocol, through a combination of JSON Web Token and Keycloak Red Hat Single Sign On technologies, information security methods are formulated to protect REST web services communication and data in HTTP requests. The results obtained when testing with the proposed solution are presented and the findings generated are compared with similar articles.

Keywords: Jwt; Openid-connect; Security-domain; Postman; Auth.

1. Introducción

La tecnología está alterando fundamentalmente la forma en la que los seres humanos desarrollamos nuestras actividades diarias haciéndolas cada vez más automatizadas, más rápidas y más productivas. Se espera que este avance constante de desarrollo tecnológico crezca significativamente sin embargo aún es incierto que pasará en el futuro, por lo que la respuesta a estos cambios debe ser de manera integral involucrando a todos los interesados desde los sectores público y privado hasta la academia y la sociedad civil.

La cuarta revolución industrial acuñada por el economista y empresario alemán fundador de Foro Económico Mundial Klaus Martin Schwab menciona que el mundo se prepara para avances tecnológicos muy importantes en varios campos como la inteligencia artificial, la robótica, el internet de las cosas, los vehículos autónomos, la impresión 3D, la nanotecnología, la biotecnología, la ciencia de los materiales, el almacenamiento de energía y la computación cuántica (Schwab, 2016). La velocidad de los avances actuales no tiene precedentes históricos. En comparación con épocas anteriores, el desarrollo tecnológico que estamos viviendo está evolucionando a un ritmo impresionante. Estos cambios están afectando a casi todas las industrias en todos los países. Lo que desencadenará de manera segura una mejora significativa en los sistemas de producción, gestión y gobierno.

Actualmente la colección de estándares y protocolos abiertos que se utilizan para intercambiar datos entre aplicaciones o sistemas son los servicios web, debido a la facilidad para intercambiar datos a través de redes de computadoras. REST es el estándar más lógico, eficiente y habitual en la creación de APIs para servicios de internet lo que ha ocasionado que la gran mayoría de aplicaciones y sistemas utilicen una API REST para la creación de servicios de comunicación y transferencia de datos. Twitter, Facebook, YouTube entre otras empresas generan ganancias gracias a las APIs REST. El no contar con esta tecnología, todo el crecimiento de las grandes empresas sería prácticamente imposible.

Sin embargo REST tiene vulnerabilidades similares a las de una aplicación web. Datos de tarjetas de crédito, registros de salud, información financiera, información comercial y muchas otras categorías de información personal necesitan protección, establecer las identidades de los usuarios antes de que accedan a recursos tecnológicos es una característica clave para la seguridad de la información más aún cuando se interactúa con servicios que se comunican a través del protocolo no seguro HTTP.

Existen estudios atacando la misma problemática como el realizado por (ANAYA LOPEZ, 2011) en el cual se comparte las características de intercambio de información y los niveles de apertura que tienen los servicios web, como una herramienta para integrar aplicaciones, intercambiar información y realizar transacciones electrónicas en internet. Se evaluará la propuesta de solución y el procedimiento detallado que se propone para resolver los problemas de seguridad haciendo uso de los estándares WS-Security, XML Signature, XML Encryption y SAML.

(Guamán Quinche, 2011) nos expone que generalmente los ataques informáticos en la web se dan en la capa de aplicación y que estos constituyen el 60% de los intentos observados en internet contra aplicaciones web por lo que se propone la utilización de

un servidor proxy situado en el servidor de aplicaciones con la finalidad de filtrar el flujo de datos de entrada y salida. Dicho proceso de filtrado tiene en cuenta un conjunto de políticas de seguridad diseñada por los desarrolladores de las aplicaciones Web.

(Christie et al., 2017) nos menciona que establecer las identidades de los usuarios antes de que accedan a recursos de infraestructura es una característica clave para los sistemas informáticos por lo que este artículo examina el uso de Keycloak como implementación de un sistema de gestión de identidad para middleware que sirva como reemplazo a una solución de WSO2.

La seguridad de la información permite gestionar los activos de información y controlar de mejor manera sus riesgos, en relación al impacto que representan para una organización. En tal sentido a pesar de que existen estudios relacionados es indiscutible el aporte que se pueda generar a partir de esta investigación.

Es así que este artículo empezará identificando la problemática de seguridad en la comunicación e intercambio de datos en peticiones HTTP, se evaluará alternativas de mitigación a las vulnerabilidades detectadas al utilizar web services REST sobre el protocolo HTTP y por último se formulará métodos de seguridad de la información que permitan proteger la comunicación y los datos de servicios web REST en peticiones HTTP utilizando Json Web Token y Keycloak Red Hat Single Sign On.

2. Problemas de seguridad API REST

La seguridad en Internet es un tema que se ha debatido cada vez con mayor frecuencia en blogs y foros de tecnología y con una razón valedera: las numerosas infracciones de seguridad de alto perfil han crecido significativamente en los últimos años. La seguridad es de gran importancia, especialmente en el mundo de las API REST.

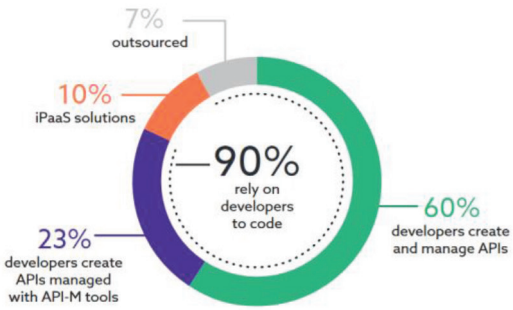


Figura 1 – Creación de APIS en organizaciones (JITTERBIT, 2018)

En la Figura 1 podemos observar que la mayoría de las organizaciones encargan a sus desarrolladores escribir y administrar APIs. Mientras que el 33 por ciento usa

tecnología dedicada para administrar sus APIs, el 90 por ciento de los encuestados se apoya en sus equipos de desarrollo o recursos externos para codificar las API desde cero exigiendo a sus desarrolladores demandas adicionales para crear y administrar APIs para el negocio.

Los problemas de seguridad deben ser un aspecto importante a tener en cuenta cada vez que se diseña, prueba e implementa una API REST. Con el desarrollo en aumento de las API REST, los niveles de seguridad, la mayoría de las veces, se subestiman en el diseño y desarrollo de la API. La seguridad de los datos confidenciales, ya sea información organizacional o personal, es un factor importante que preocupa a los desarrolladores hoy en día. Las API REST no son una excepción, ya que forman parte de sistemas esenciales que requieren protección contra amenazas e infracciones de seguridad

REST generalmente usa HTTP como su protocolo de comunicación, lo que plantea el conjunto habitual de problemas de seguridad:

- Un posible atacante tiene control total sobre una solicitud o respuesta HTTP cuando es interceptada. Dado que las API REST se usan comúnmente para intercambiar información y posiblemente se ejecuta en muchos servidores, podría dar lugar a muchas brechas invisibles y fugas de información.
- El atacante podría estar en el lado del cliente (consumidor de API REST) o en el lado del servidor si el atacante logra obtener el control sobre el servidor, donde puede crear una aplicación maliciosa. La víctima, en este caso, es la aplicación que consume recursos de servicios remotos.
- Para una aplicación que utiliza REST como cliente o servidor, el otro lado generalmente tiene control total sobre la representación de recursos y podría inyectar cualquier carga útil para atacar el manejo de recursos (como obtener código fuente o ejecución de comandos del sistema).
- Nula depuración de datos de entrada, al no usar ninguna validación no sabemos si recibimos el tipo correcto de variables que se pasan a nuestra API. La información recibida podría ser parte de un ataque Cross Site Scripting (XSS) o podría contener sentencias SQL o comandos maliciosos del sistema operativo.

La implementación de un control de acceso eficiente permite otorgar funcionalidades y contenidos únicamente a aquellas con autorización de hacerlo. El no poseer esta característica o implementarla de manera inadecuada puede permitir al atacante obtener el control de las cuentas de otros usuarios, alterar los privilegios de acceso, cambiar los datos, etc.

El acceso no autorizado a las aplicaciones de la empresa tiende a darse cuando los desarrolladores no configuran correctamente la accesibilidad a nivel de software, lo que genera vulnerabilidades de acceso. El acceso denegado es la consecuencia más conocida de los controles de acceso vulnerados y la explotación del control de acceso es el arte principal de los atacantes. El control de acceso generalmente es productivo si se implementa en una API confiable del lado del servidor, por lo que el atacante no podrá alterar los metadatos del control de acceso.

3. Materiales

3.1. Keycloak

Keycloak es un proyecto de código abierto desarrollado y mantenido por la Comunidad RedHat. Es una solución de gestión de acceso e identidad de código abierto dirigida a aplicaciones y servicios modernos. Facilita la protección de aplicaciones y servicios con poco o ningún código (El Hajj Hussein, 2019).

Ofrece un amplio conjunto de características, como inicio de sesión único, autenticación, autorización, inicio de sesión social, autenticación multifactor y administración centralizada de usuarios. Se listan las siguientes funcionalidades:

- Single Sign On
- Puente Kerberos
- Cortaje de identidad e inicio de sesión social
- Federación de usuarios
- Adaptadores cliente
- Consola de administración

3.2. JSON Web Token

JSON Web Token (abreviado JWT) es un estándar abierto basado en JSON propuesto por IETF (RFC 7519) para la creación de tokens de acceso que permiten la propagación de identidad y privilegios (Bradley, Sakimura, & Jones, 2015).

Esta tecnología define una forma compacta y autónoma para transmitir de forma segura información entre las partes como un objeto JSON. Esta información es verificada y confiable ya que se encuentra firmada digitalmente. Los JWT se pueden firmar usando un secreto (con el algoritmo HMAC) o un par de claves públicas / privadas usando RSA.

JSON Web Token es un método compacto y autónomo para transmitir información, se basa en una cadena de texto que tiene 3 partes (Header, payload, signature) codificadas en Base64, separadas por un punto que es estregado a los clientes de una API como llave de acceso. Keycloak utiliza JWT para transmitir una llave secreta de acceso a usuarios con privilegios.

3.3. REST API

Se utiliza API REST como medio de prueba para ejecutar peticiones HTTP que posteriormente serán aseguradas con un Json Web Token emitido por Keycloak. La arquitectura REST enfoca a todo lo que lo conforma como un recurso. Los servicios web REST son livianos, altamente escalables y mantenibles. Se usan muy comúnmente para el intercambio de información, es el estándar más lógico, eficiente y generalizado en la creación de API para servicios de internet.

3.4. Maven

En esta investigación, para la construcción del aplicativo web que expone el servicio web REST se utiliza maven como herramienta de gestión del proyecto web, maven posee un

repositorio global que proporciona las dependencias necesarias para la construcción y compilación de este ejemplo. Utilizar esta herramienta nos ayuda a enfocarnos netamente en la funcionalidad del aplicativo a desarrollar, las bibliotecas, jars necesarios y la forma de compilación del aplicativo se detallan en el archivo pom.xml.

3.5. Jboss EAP

Para exponer el servicio web REST en este ejemplo se utiliza JBoss EAP 7.0 versión que incluye ventajas como una estructura modular que permite habilitar servicios solo cuando es necesario, mejorando la velocidad de inicio, consola de administración basada en web y la interfaz de línea de comando de administración (CLI) que hacen que la edición de archivos de configuración XML sea innecesaria y agregan la capacidad de realizar scripts y automatizar tareas. Además, Jboss EAP incluye APIs para desarrollar rápidamente aplicaciones Java EE seguras y escalables. (Augsten, 2018)

3.6. Eclipse IDE

Se utiliza Eclipse Photon versión 4.8.0 para escribir, ejecutar, navegar y depurar código Java necesario para la construcción de la API REST. Eclipse proporciona herramientas y marcos extensibles que abarcan el ciclo de vida del desarrollo de software, incluido soporte para modelado, entornos de desarrollo de lenguaje para Java, C / C ++ entre otros, pruebas y rendimiento, inteligencia empresarial, aplicaciones de cliente enriquecido y desarrollo integrado.

3.7. Postman

Postman es una herramienta para realización de pruebas de servicios web. Ofrece una interfaz de usuario para realizar peticiones hacia una API, evita la molestia de escribir código exhaustivo al diseccionar la funcionalidad de una API. Se utiliza Postman en esta investigación para realizar peticiones HTTP a la API REST creada y de esta manera validar el aseguramiento del servicio web y el acceso no autorizado al mismo.

4. Métodos

4.1. Escenario inicial – consumo servicio web REST no seguro

Para esta demostración se va a construir un servicio web REST expuesto en un servidor JBOSS EAP 7.0 que será consumido por un cliente bajo el siguiente escenario.



Figura 2 – Escenario inicial consumo servicio web REST no seguro

El cliente hará peticiones HTTP al servicio web y este responderá enviando información al cliente. En este escenario se ilustra un flujo no seguro de intercambio de información ya que el servicio web responderá todas las peticiones que se soliciten sin ninguna distinción.

4.2. Escenario final – consumo servicio web REST seguro

Para asegurar el consumo del servicio web se utiliza Keycloak 7.0 para que a través de una configuración en el servidor de aplicaciones Jboss EAP 7.0 solicitar un JSON Web Token válido con autorización de consumo al recurso (web service) a toda aquella petición HTTP realizada al REST expuesto.

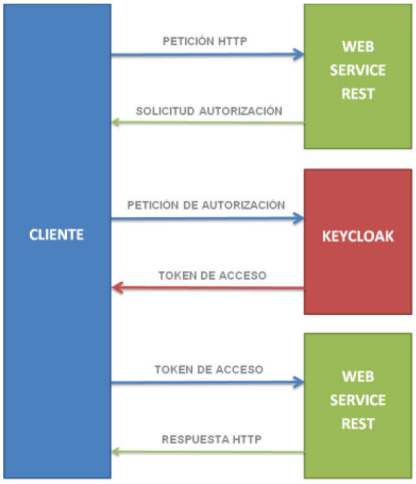


Figura 3 – Escenario final consumo servicio web REST seguro

Este flujo nos permite asegurarnos que solo los usuarios a los que se les otorgó el acceso al servicio web puedan consumir dicha API. De esta forma se evita el acceso no autorizado a información que se transmite bajo un protocolo no seguro como lo es el protocolo HTTP.

4.3. Creación de API REST

```
@Path("/privado/Cliente")
public class ClienteRest {

    @GET
    @Path("/obtenerClientes")
    @Produces({ MediaType.APPLICATION_JSON })
    public List<ClienteTo> obtenerCliente() {
        final List<ClienteTo> listaClientes = new ArrayList<ClienteTo>();
        listaClientes.add(obtenerCliente1());
        listaClientes.add(obtenerCliente2());
        listaClientes.add(obtenerCliente3());
        listaClientes.add(obtenerCliente4());
        listaClientes.add(obtenerCliente5());
        listaClientes.add(obtenerCliente6());

        return listaClientes;
    }
```

Figura 4 – Clase que procesa y expone información de clientes

Para la creación de la API REST se utiliza el arquetipo “maven-archetype-webapp”, se crea la clase que contiene lógica de procesamiento y exposición de información por la API. En este ejemplo el servicio creado tiene un método llamado “obtenerCliente” que expone información de clientes ficticios.

Configuración de archivo web.xml para definir ruta por la cual el servicio web REST creado escuchará peticiones HTTP.

```
<web-app>
    <display-name>Archetype Created Web Application</display-name>

    <servlet-mapping>
        <servlet-name>javax.ws.rs.core.Application</servlet-name>
        <url-pattern>/services/*</url-pattern>
    </servlet-mapping>

    <context-param>
        <param-name>resteasy.scan</param-name>
        <param-value>true</param-value>
    </context-param>
</web-app>
```

Figura 5 – Configuración API REST en archivo web.xml

Se edita el archivo “standalone-full.xml” del servidor de aplicaciones Jboss, para agregar etiqueta deployments con la información necesaria para desplegar API REST.

```
<deployments>
    <deployment
        name="rest-app.war"
        runtime-name="rest-app.war">
        <fs-archive
            path="E:\t\jboss-eap-7.0\standalone\deployments\rest-app.war" />
    </deployment>
</deployments>
```

Figura 6 – Configuración despliegue API REST en servidor Jboss

Al iniciar el servidor la API REST está disponible y esperando peticiones en la URL: http://localhost:8180/rest-app/services/privado/Cliente/obtenerClientes.

4.4. Prueba consumo REST no seguro

Con el fin de corroborar que la API REST creada esté funcionando se realiza una petición HTTP bajo el método GET al servicio web.

Como se puede observar la petición realizada al método “obtenerClientes” del servicio web REST devuelve información de manera exitosa. En este estado la API REST es insegura ya que cualquier persona podría obtener datos del servicio únicamente invocando a la URL del mismo.

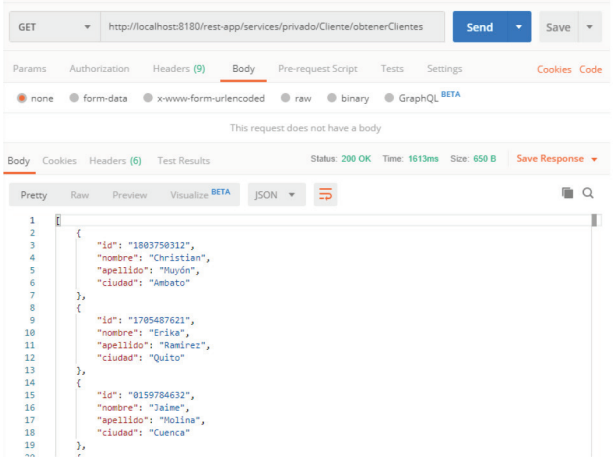


Figura 7 – Consumo API REST no seguro

4.5. Instalación y configuración de keycloak

Para la instalación y configuración de keycloak se sigue la guía de la siguiente web: https://www.keycloak.org/docs/latest/getting_started/index.html. Se realiza las siguientes configuraciones:

1. Creación de usuario administrador
2. Creación de REALM
3. Configuración de cliente keycloak
4. Creación de usuario para obtención de token
5. Creación de cliente keycloak para obtención de token

Adicionalmente se realiza las siguientes configuraciones en el servidor de aplicaciones Jboss EAP 7.

Instalación de los siguientes módulos

1. keycloak-adapter-core
2. keycloak-adapter-spi
3. keycloak-adapter-subsystem
4. keycloak-authz-client
5. keycloak-common
6. keycloak-core
7. keycloak-jboss-adapter-core
8. keycloak-servlet-oauth-client
9. keycloak-wildfly-adapter

En la sección security-domains del archivo standalone-full.xml se agrega dominio de seguridad de keycloak.

```
        <security-domain name="keycloak">
            <authentication>
                <login-module
                    code="org.keycloak.adapters.jboss.KeycloakLoginModule"
                    flag="required" />
            </authentication>
        </security-domain>
    </security-domains>
</subsystem>
```

Figura 8 – Dominio de seguridad keycloak en standalone-full.xml

La configuración XML de cliente keycloack se lo inserta como “subsystem” dentro de la etiqueta “profile” del archivo standalone-full.xml. Únicamente se modifica el nombre del artefacto a ser asegurado el cual se llama “rest-app.war” correspondiente al nombre de la API REST creada.

```
    <subsystem xmlns="urn:jboss:domain:keycloak:1.1">
        <secure-deployment
            name="rest-app.war">
            <realm>Demo-jwt</realm>
            <resource>app-rest-servicio</resource>
            <use-resource-role-mappings>true</use-resource-role-mappings>
            <bearer-only>true</bearer-only>
            <auth-server-url>http://localhost:8080/auth/</auth-server-url>
            <ssl-required>EXTERNAL</ssl-required>
        </secure-deployment>
    </subsystem>
</profile>
```

Figura 9 – Configuración de cliente keycloak en standalone-full.xml

4.6. Aseguramiento de API REST

Para asegurar API REST es necesario agregar en el pom.xml principal del proyecto dependencia keycloak en la versión 7.0.0, adicionalmente es necesario agregar restricción de seguridad en el archivo web.xml de la aplicación tal y como se muestra en la Figura 11.

```
<security-constraint>
    <web-resource-collection>
        <web-resource-name>rest-app</web-resource-name>
        <url-pattern>/services/privado/*</url-pattern>
        <http-method>GET</http-method>
        <http-method>POST</http-method>
    </web-resource-collection>
    <auth-constraint>
        <role-name>*</role-name>
    </auth-constraint>
</security-constraint>
```

Figura 10 – Restricción de seguridad web.xml de API REST

4.4. Prueba fallida consumo REST seguro sin token de autorización

Con el fin de probar que la API REST está rechazando solicitudes sin autorización se realiza una petición HTTP bajo el método GET al servicio web.

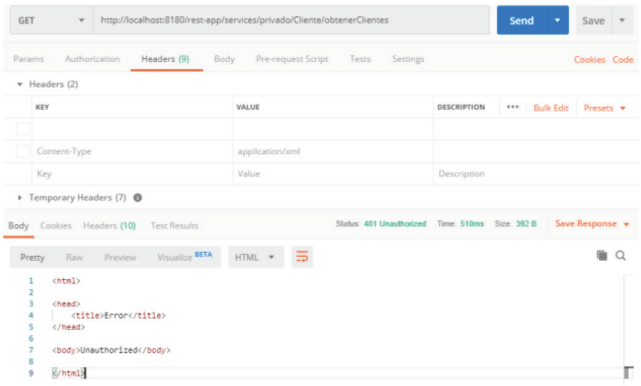


Figura 11 – Consumo API REST fallida, petición HTTP no autorizada

Como se puede observar la respuesta a la petición realizada al web service es fallida y devuelve un código 401 “Unauthorized” el cual nos indica que no estamos autorizados a acceder a la API REST.

4.5. Obtención de token para consumo de REST seguro

En la herramienta Postman creamos una petición HTTP a hacia el REALM “Demo-jwt” de Keycloak bajo el método POST.

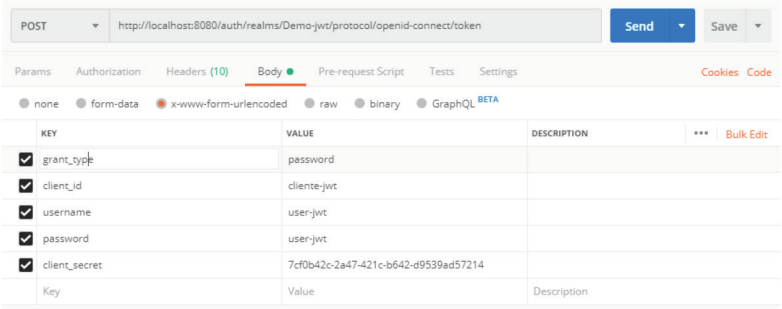


Figura 12 – Envío de datos para obtención de token para consumo API REST

Al presionar el botón enviar con los datos descritos obtendremos la siguiente respuesta, un objeto JSON con algunos atributos como el token de autorización, el tiempo de expiración es de 5 minutos.

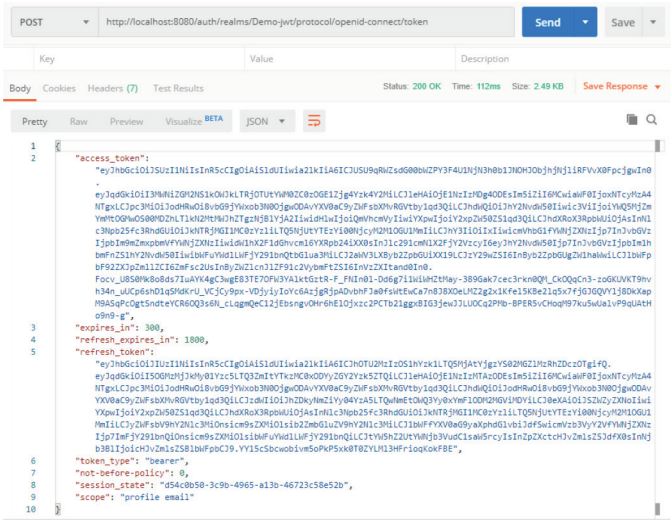


Figura 13 – Obtención de token de acceso para consumo API REST

4.6. Prueba exitosa de consumo de REST seguro

En Postman se crea una petición HTPP a la API REST segura bajo el método GET. Adicionalmente en la sección Headers se crea un nuevo valor llamado autorización en el que se coloca el token generado anteponiendo la palabra “Bearer”.

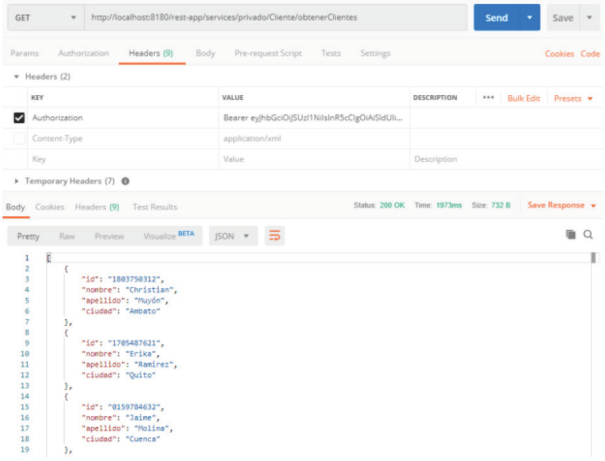


Figura 14 – Consumo exitoso REST seguro

Como se puede observar la petición realizada al web service asegurado devuelve una respuesta exitosa. Demostrando que keycloak y la configuración realizada en el servidor de aplicaciones Jboss EAP y en la API REST permiten restringir el acceso a peticiones HTTP.

5. Resultados

La Tabla 1 muestra el número de peticiones a la ruta http://localhost:8180/rest-app/services/privado/Cliente/obtenerClientes y sus respectivas respuestas al consumir API REST no asegurada. Se detalla el tipo de petición, método y headers. En la respuesta se detalla el estado, el tiempo, objeto recibido y tamaño.

Número	Petición			Respuesta			
	Tipo	Método	Headers	Estado	Tiempo	Objeto	Tamaño
1	HTTP	GET	0	200 OK	1063 ms	JSON	650 B
2	HTTP	GET	0	200 OK	958 ms	JSON	650 B
3	HTTP	GET	0	200 OK	1251 ms	JSON	650 B

Tabla 1 – Consumo REST no asegurado

La Tabla 2 muestra el número de peticiones a la ruta http://localhost:8180/rest-app/services/privado/Cliente/obtenerClientes y sus respectivas respuestas al consumir API REST asegurado sin autorización. Se detalla el tipo de petición, método y headers. En la respuesta se detalla el estado, el tiempo, objeto recibido y tamaño.

Número	Petición			Respuesta			
	Tipo	Método	Headers	Estado	Tiempo	Objeto	Tamaño
1	HTTP	GET	0	401 Unauthorized	510 ms	-	392 B
2	HTTP	GET	0	401 Unauthorized	356 ms	-	392 B
3	HTTP	GET	0	401 Unauthorized	603 ms	-	392 B

Tabla 2 – Consumo REST asegurado sin autorización

La Tabla 3 muestra el número de peticiones a la ruta http://localhost:8080/auth/realms/Demo-jwt/protocol/openid-connect/token y sus respectivas respuestas al obtener token de autorización de keycloak. Se detalla el tipo de petición, método y headers. En la respuesta se detalla el estado, el tiempo, objeto recibido y tamaño.

Número	Petición			Respuesta			
	Tipo	Método	Headers	Estado	Tiempo	Objeto	Tamaño
1	HTTP	POST	5	200 OK	112 ms	JSON JWT	249 KB
2	HTTP	POST	5	200 OK	103 ms	JSON JWT	249 KB
3	HTTP	POST	5	200 OK	135 ms	JSON JWT	249 KB

Tabla 3 – Obtención de token de autorización

La Tabla 4 muestra el número de peticiones a la ruta http://localhost:8180/rest-app/services/privado/Cliente/obtenerClientes y sus respectivas respuestas al consumir API REST asegurado enviando token de autorización. Se detalla el tipo de petición, método y headers. En la respuesta se detalla el estado, el tiempo, objeto recibido y tamaño.

Número	Petición			Respuesta			
	Tipo	Método	Headers	Estado	Tiempo	Objeto	Tamaño
1	HTTP	GET	1	200 OK	1973 ms	JSON	732 B
2	HTTP	GET	1	200 OK	2063 ms	JSON	732 B
3	HTTP	GET	1	200 OK	1852 ms	JSON	732 B

Tabla 4 – Consumo REST asegurado con autorización

La Tabla 5 detalla el tiempo promedio de respuesta de servicio web REST asegurado en comparación con el tiempo promedio de respuesta de servicio web REST no asegurado, de acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación.

Tipo REST	Peticiones realizadas	Tiempo promedio de respuesta		
		Obtención token autorización	Consumo servicio web	Total
No asegurado	3	0 ms	1091 ms	1091 ms
Asegurado	3	117 ms	1963 ms	2078 ms

Tabla 5 – Rendimiento de REST no asegurado vs REST asegurado

La Figura 15 muestra que el tiempo de respuesta del servicio web REST asegurado es mayor que el tiempo de respuesta del servicio web REST no asegurado.

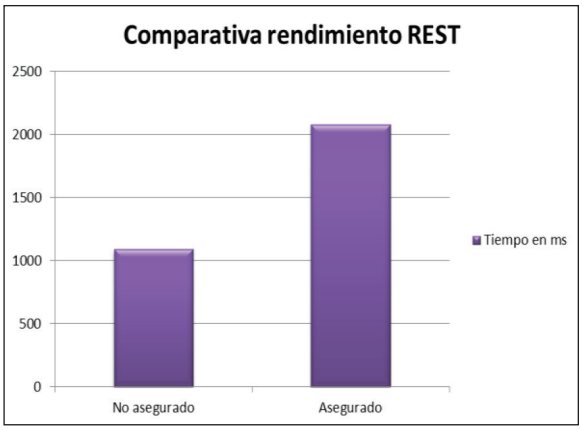


Figura 15 – Comparativa rendimiento REST

6. Discusión

De lo expuesto por (Christie et al., 2017) se concuerda que actualmente es muy difícil desarrollar e implementar soluciones de seguridad informática middleware para una aplicación tecnológica, debido a la complejidad y costo. Actualmente existen diversas soluciones como WSO2, Keycloak entre otras que pueden acaparar las necesidades de seguridad de la información de una empresa, sin necesidad de desarrollo e integración exhaustiva. Adicionalmente se ha podido constatar que el framework de autorización OAuth2 utilizado en la mayoría de gestores de identidades permite a las aplicaciones limitar el acceso de cuentas de usuario en un servicio HTTP.

En el trabajo de (Guamán Quinche, 2011) se identifica dos principales problemas de seguridad informática en los sistemas web como son ataques de inyecciones SQL y ataques al DOM de las páginas web. Dichos ataques constituyen una amenaza ya que pueden comprometer la información y la disponibilidad de los servicios, sin embargo hasta la fecha no existe conocimiento de este tipo de vulnerabilidades en Keycloak por lo que las implementaciones con esta solución no se verían afectadas, sin embargo se debe considerar ciertas estrategias y buenas prácticas de programación como el uso de expresiones regulares o filtros en los datos de entrada para de tal manera mitigar las vulnerabilidades antes expuestas.

(ANAYA LOPEZ, 2011) concuerda que existen diversas vulnerabilidades y amenazas en los servicios web tales como ataques externos e internos debido a que los servicios web están diseñados para ser abiertos e interoperables. Al configurar los firewalls para permitir tráfico HTTP, las solicitudes a los servicios por dicho protocolo pasan a través de los firewalls fácilmente, dejando a la red interna expuesta. En este estudio se demuestra que la utilización de tokens SAML utilizados como mecanismo de seguridad puede resolver el problema de la autorización y autenticación en el consumo de servicios web. Lo que permite que el servicio web no se encuentre disponible a terceros no

autorizados y que solo pueden acceder al servicio aquellos que están definidos en la política de seguridad.

Los resultados obtenidos en la presente investigación ilustran que el consumo de un servicio web sin ningún mecanismo de seguridad expone recursos sin discriminar autorización o permiso alguno de acceso, lo que exhibe una brecha y un grave problema de seguridad. Es por ello que asegurar una API REST es indispensable para proteger la información que se gestiona, en este trabajo se demostró que es imposible consumir servicios web asegurados sin haber adquirido un token de autorización proporcionado por Keycloak Red Hat SSO.

Si se considera el tiempo de respuesta del servicio web REST asegurado el mismo es mayor que el tiempo de respuesta del servicio web REST no asegurado sin embargo esta diferencia se considera como no significativa al ser tan solo 987 milisegundos, esta cantidad de tiempo de diferencia es insignificante en comparación con lo valioso e importante que es garantizar la integridad y confidencialidad del mayor activo de una empresa u organización, la información.

Es así que la estrategia descrita en esta investigación demuestra que se puede lograr mantener restringido el acceso a recursos no autorizados gestionados por una API REST con la adopción de tecnología middleware de autenticación y autorización, corroborando de tal forma que la utilización de JSON Web Token y Keycloak Red Hat Single Sign On permite proteger la comunicación y los datos de servicios web REST en peticiones HTTP.

Referencias

ANAYA LOPEZ, E. (2011). *Implementación de Controles de seguridad en arquitecturas orientadas a servicios (SOA) para servicios Web*.

Augsten, S. (2018). JBoss EAP soll robuster und performanter werden. Retrieved from https://www.dev-insider.de/jboss-eap-soll-robuster-und-performanter-werden-a-674456/

Bradley, J., Sakimura, N., & Jones, M. B. (2015). JSON web token (JWT).

Christie, M. A., Bhandar, A., Nakandala, S., Marru, S., Abeysinghe, E., Pamidighantam, S., & Pierce, M. E. (2017). Using Keycloak for Gateway Authentication and Authorization.

El Hajj Hussein, M. (2019). *Reproducible Examples for Integration with Keycloak*. Retrieved from http://cds.cern.ch/record/2684669/files/CERN_SSP_Final_Report.pdf

Guamán Quinche, E. R. (2011). *Seguridad en entornos web para sistemas de gestión académica*. San Sebastián: Universidad del País Vasco. Facultad de Informática.

JITTERBIT. (2018). State of API Integration. Retrieved from http://info.jitterbit.com/rs/017-VOG-951/images/State_of_API_Integration_2018.pdf

Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*: Debate.

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

Recebido/Submission: 17/12/2019
Aceitação/Acceptance: 26/02/2020

Desempeño del gobierno electrónico desde una perspectiva comparada a nivel mundial

Ximena Morales-Urrutia[1], Diana Morales-Urrutia[2], Luis Simbaña-Taipe[3], César Guerrero-Valástegui[4]

ximenamorales@uti.edu.ec, dc.moralesu@uta.edu.ec, lesimbania@espe.edu.ec, ca.guerrero@uta.edu.ec

[1] Centro de Investigación en Empresa, Sociedad y Tecnología, Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas, Universidad Tecnológica Indoamérica, Calle Bolívar 2035 y Guayaquil 180103, Ambato, Ecuador

[2,4] Facultad de Ciencias Administrativas, Universidad Técnica de Ambato, Av. de los Chasquis s/n, EC180206, Ambato, Ecuador.

[3] Departamento de Ciencias Económicas, Administrativas y de Comercio, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Av. General Rumiñahui s/n, 171-5-231B, Sangolquí, Ecuador

Pages: 214–224

Resumen: Este trabajo tiene como objetivo ofrecer un análisis del gobierno electrónico en una selección de países, tanto desde el punto de vista conceptual como en el plano empírico. Para ello, se parte de una revisión bibliográfica referente a la temática de estudio. Posteriormente, el trabajo se completa con un análisis del desempeño y principales características de este fenómeno. Los datos analizados proceden principalmente de fuentes oficiales, específicamente de la encuesta *E-Government Development Index* correspondiente al período 2008-2018. A partir de ese análisis intentamos establecer unas conclusiones provisionales sobre el desempeño del gobierno electrónico en los países que han adoptado esta tendencia.

Palabras-clave: Gobierno electrónico; Tecnología; Países.

E-Government: Performance of the public sector from a comparative perspective

Abstract: This paper aims to provide an analysis of e-government in selected countries, both conceptually and empirically. In order to do this, a bibliographical review pertinent to the subject matter of the study is taken as a starting point. Subsequently, the work is completed with an analysis of the performance and main characteristics of this phenomenon. The data analyzed come mainly from official sources, specifically from the E-Government Development Index survey for the period 2008-2018. On the basis of this analysis, we attempt to draw provisional conclusions on e-government performance in countries that have adopted this trend.

Keywords: E-Government; Technology; Countries.

1. Introducción

En décadas recientes, los cambios constantes que han experimentado las diferentes empresas tanto públicas como privadas han requerido la utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) a fin de ser más competitivas, productivas y eficientes en cuanto a los requerimientos de los usuarios. El proceso de transformación de la sociedad industrial en una sociedad de la información hace aún un poco más compleja la inserción de las innovaciones necesarias para ofrecer un servicio de alto rendimiento, específicamente en las instituciones que pertenecen al Estado, dado que éstas se enfrentan a una serie de obstáculos, retos y oportunidades que deben ser superadas eficientemente, con el propósito de cubrir las necesidades de los ciudadanos a través de la oferta de servicios ágiles, económicos y en tiempo real (Farzandipour y Meidani, 2014; Horng et al., 2013; Homburg, 2013; Hsieh et al., 2013; Ruano de la Fuente, 2013; Taipale, 2013; Tambascia et al., 2012).

En este contexto, las administraciones públicas (Rose & Grant, 2010) han incorporado nuevas prácticas en las que los principales protagonistas son los ciudadanos (Lufunyo, 2013; Al-Sobhi et al., 2010) y las TIC a través de un proceso de empoderamiento por parte de los usuarios en la utilización de los servicios tecnológicos que ofrece cada dependencia estatal (Müller, Gil-García y Tirelli, 2018). Uno de los principales desafíos de estas entidades es lograr el reconocimiento de las poblaciones a las que sirven, estos esfuerzos estarán encaminados a brindar una mejor calidad en los servicios, promover mayor participación de los ciudadanos en los procesos de toma de decisiones (Zoo, Lee & Yoon, 2012), fortalecer relaciones con las diferentes instituciones del estado, reducir la burocracia y ser más eficientes.

A este respecto, surge el gobierno electrónico también conocido como *e-Gov*, al respecto de este último, es considerado como una importante herramienta tecnológica capaz de mejorar los procesos burocráticos ineficientes (Wilson, 2014), de apoyar y contribuir a procesos de reformas más amplias (Luna-Reyes, Gil-Garcia, and Romero, 2012). Así también, éste ha sido aplicado por los diferentes niveles de gobierno tanto internacional como nacional, regional y local (U.N.E.C., 2012).

Por otro lado, depende en cada caso de la entidad gubernamental involucrada el uso que se le dé a las TIC. Así en el caso de estas últimas se pueden utilizar para: satisfacer mejor las expectativas de los ciudadanos, solucionar de mejor manera las necesidades que se presentan en la empresa y generar ganancias traducidas en eficiencia y efectividad (Amira & Soumeya, 2019).

Este trabajo tiene como objetivo ofrecer un análisis del gobierno electrónico en una selección de países, tanto desde el punto de vista conceptual como desde el plano empírico. La investigación se completa con un análisis del desempeño y principales características del fenómeno en estudio. Los datos analizados proceden principalmente de bases de datos oficiales de la encuesta E-Government Development Index desarrollada por las Naciones Unidas, correspondiente al período 2008-2018.

1.1. Gobierno Electrónico: principales aportaciones teóricas.

A mediados de la década de 1990, surge en todo el mundo, la preocupación por parte de los gobiernos de aprovechar el potencial de la tecnología, en este caso el internet

con el fin de mejorar los procesos internos de las entidades del gobierno. De acuerdo a como han ido evolucionando las TIC se han introducido importantes cambios en la conceptualización de gobierno electrónico, en un principio el e-Gov fue visto como una herramienta que ofrecía información y servicios a través de internet, no obstante, décadas más tarde se lo visualiza como una forma de transformar las relaciones entre los gobiernos, ciudadanos y organizaciones (Müller, Gil-García y Tirelli, 2018).

A este respecto, han surgido una serie de definiciones del e-Gov que se encuentran relacionadas con la aplicación de las TIC en las entidades estatales, el desarrollo de apoyo a las acciones del gobierno, mejorar las relaciones entre los ciudadanos; y, crear valor agregado para los participantes en el proceso. Los conceptos relacionados con las TIC hacen referencia a que éstas pueden reducir sus costos y mejorar la calidad del servicio a los usuarios (El-Haddadeh et al., 2013; Kuburić et al., 2014; Savoldelli et al., 2014). Aquellos conceptos relacionados con el apoyo a las acciones gubernamentales se centraron en la disponibilidad de información, prestación de servicios completamente en línea; y, mejoras en los procesos e integración entre diferentes departamentos y gobiernos (Abu-Shanab, 2015). En lo relacionado al mejoramiento de relaciones con los ciudadanos se tratan temas de los derechos políticos y el compromiso ciudadano.

En el actual contexto, las definiciones de este tipo de gobierno, además de tomar en cuenta las consideraciones anteriores, también buscan identificar cómo el gobierno electrónico agrega un valor especial al gobierno en general y sus participantes. En este sentido, autores como Gil-García and Luna-Reyes (2006, p.639) manifiestan que "El gobierno electrónico es la selección, implementación y uso de las tecnologías de la información y la comunicación en el gobierno para brindar servicios públicos, mejorar la efectividad de la gestión y promover valores y mecanismos democráticos, así como el desarrollo de un marco regulatorio que facilita iniciativas de uso intensivo de información y fomenta la sociedad del conocimiento".

Otras definiciones se han centrado en que este tipo de gobierno brinda servicios a través de internet, bajo la supervisión directa de las instituciones gubernamentales, y que, asimismo, recopilan comentarios en tiempo real de los ciudadanos (El-Haddadeh et al., 2013; Horng et al., 2013; Weerakkody et al., 2013; Siskos et al., 2014). En este sentido, una aportación más global, la realiza Shareef et al. (2011) quien define al e-Gov como la prestación de servicios realizados a través de internet y que a su vez éstos están influenciados por la participación activa de las personas, tecnología, cultura, sociedad y economía.

Por otro lado, la complejidad y variedad de iniciativas que comprende el gobierno electrónico, las aplicaciones correspondientes a éste se clasifican en tres categorías: (a) administración pública; (b) servicios electrónicos y (c) democracia electrónica (Cunha y Miranda, 2013). El primer grupo corresponde al uso de las TIC a fin de mejorar la administración de las actividades del gobierno, el proceso administrativo, el uso adecuado de los recursos, además, la planificación, implementación y control de las diferentes políticas públicas. En segundo lugar, se toma en consideración a las TIC en relación a la comunicación y la prestación de servicios en línea a ciudadanos y demás organizaciones privadas. Finalmente, el último de éstos permite que la sociedad se encuentre mejor informada sobre los aspectos relacionados al gobierno y facilitar su

participación en la formación de la opinión pública y en el proceso de toma de decisiones (Cunha y Miranda, 2013; Araujo y Reinhard, 2015).

Por otro lado, el e-gov debe superar algunos desafíos y obstáculos a fin de conseguir mayor competitividad en todas sus dependencias. Al respecto de estos últimos se destaca una infraestructura de comunicaciones ineficiente en algunos países (Jaeger et al., 2012; Taipale, 2013; Savoldelli et al., 2014), debilidad en la integración de datos de varias secciones del gobierno (Im et al., 2012; Tambascia et al., 2012; Homburg, 2013), escasa capacitación de recursos humanos, escasa participación de las diferentes secciones del gobierno en la integración de procesos de información, debilidades estructurales en el área de la cultura organizacional y servicios brindados que no presentan transparencia (Ruano de la Fuente, 2013; Siskos et al., 2014). Por otro lado, se destacan algunos de los beneficios que ofrece el gobierno electrónico: accesibilidad a los diversos servicios públicos, ahorro de tiempo, interacciones directas en tiempo real (Jaeger et al., 2012; Savoldelli et al., 2014), reducir los procesos burocráticos y trabajos oficiales (Taipale, 2013; Wilson, 2014), reducción de los costos gubernamentales (Weerakkody et al., 2013) y agilidad en la prestación de servicios (Hsieh et al., 2013; Farzandipour y Meidani, 2014)

1.2. Modelos de evaluación del gobierno electrónico

Desde el año 2003 la Organización de Naciones Unidas (ONU) he venido aplicando un proceso de evaluación del desempeño del gobierno electrónico en 193 países, para este proceso la ONU ha utilizado un análisis de un promedio de tres dimensiones del e-Gov: un Índice de Servicios en Línea (OSI), un Índice de Infraestructura de Telecomunicaciones (TII) y un Índice de Capital Humano (HCI). A este respecto, el índice OSI, a su vez, también utiliza un índice de participación electrónica en su composición. La clasificación general se conoce como el Índice de Desarrollo de Gobierno Electrónico (EGDI por sus siglas en inglés) (Naciones Unidas, 2012).

Por otra parte, en el campo académico también se han planteado teorías y modelos de evaluación del e-Gov (Al-Jaghoub et al., 2010; Kaisaira y Pather: 2011). A este respecto, se destacan los trabajos más relevantes: Baum y Maio (2000), Hiller y France (2001), Ronaghan (2001) y Wescott (2001), que pretendieron conocer y predecir el desempeño del gobierno electrónico. Golubeva (2007) estableció una propuesta de marco conceptual con el fin de examinar portales web que se centran en los ciudadanos rusos, Coursey y Norris (2008) a través de la examinación de diferentes modelos de gobierno electrónico intentaron discernir sí son precisos y útiles para comprender el desarrollo real de los intereses del yo. Asimismo, Bwalya (2009) planteó un modelo conceptual que, ofrece criterios de adopción de gobierno electrónico equilibrados, Kaisara y Pather (2011) y Alanezi et al. (2012) propusieron modelos orientados a medir la calidad del servicio.

Desde la perspectiva evolutiva se destaca a Layne y Lee (2001) quienes consideraron al gobierno electrónico como un fenómeno en evolución, por lo que, las iniciativas propuestas por el gobierno se desarrollan en un proceso gradual en el que acciones e implementaciones se derivan unas de otras. Este modelo presenta cuatro etapas:(1) catalogación: todos los esfuerzos del gobierno se encuentran dirigidos hacia el establecimiento de una presencia en línea en la web y disminuir el tiempo de entrega

de información a los servidores públicos; (2) transacción: las iniciativas del gobierno se encuentran relacionadas principalmente en conectar sus sistemas internos a interfaces en línea para que puedan interactuar directamente con el gobierno en tiempo real; (3) integración vertical: interrelacionar las esferas nacional, estatal y local de los gobiernos, a diferentes funciones o servicios públicos; y (4) integración horizontal: gestionar la integración de las diferentes funciones y servicios que proporciona el gobierno, a fin de que el usuario, desde un solo punto de partida, pueda realizar todos sus requerimientos y éstos se envíen a otros sectores o departamentos.

1.3. Factores que influyen en la intención de aplicar el gobierno electrónico

Los principales factores que pueden afectar a la adopción de tecnología, a fin de aplicar y desarrollar el gobierno electrónico han sido abordados en tres modelos teóricos que han sido utilizados para explicar los aspectos cognitivos determinantes del uso del e-Gov. A este respecto, se menciona el Modelo de Aceptación de Tecnología (TAM), la Teoría Unificada de Aceptación y Uso de la Tecnología (UTAUT) y la Teoría del Comportamiento Planificado (TPB) (Roy et al., 2015).

En primer lugar, mencionaremos la TAM en la que la utilidad y facilidad de uso percibida son dos factores fundamentales que generan una influencia en la intención de utilizar el e-Gov; sin embrago, esta teoría muestra ciertas limitaciones, tales como: ignorar las elecciones emocionales y enfocarse en la aceptación de la tecnología en lugar del uso de la tecnología. En lo relacionado al modelo de la UTAUT, se trata de una versión revisada por la TAM, en la que se distingue la intención del uso real de la tecnología. Este modelo presenta cuatro factores que pueden influenciar a la intención de usar tecnología: (a) estimación del esfuerzo, (b) expectativa de desempeño, (c) influencia social y (d) las condiciones que facilitan el uso. Por otro lado, el modelo TBP muestra tres factores que influyen en la intención de uso del e-Gov: (a) actitud hacia la tecnología, (b) normas subjetivas y (c) control percibido del comportamiento de uno. Asimismo, este modelo incluye: (a) Factores que influyen en la actitud: la utilidad percibida, la facilidad de uso percibida, el riesgo percibido, la capacitación brindada, la confianza, la innovación personal y la compatibilidad (que se relaciona con la experiencia anterior con las tecnologías, los valores y las necesidades actuales), (b) Factores que influyen en la norma subjetiva: la influencia externa (influencia de la información), la influencia interpersonal (influencia normativa) y la influencia social, (c) Factores que influyen en la percepción del control de la conducta de uno: la autoeficacia y las condiciones facilitadoras (tiempo y dinero) (Roy et al., 2015, p. 351).

En general, han sido varias las investigaciones que han desarrollado modelos para la explicación de la adopción del e-Gov, entre ellos lo que hemos mencionado en párrafos anteriores, no obstante, la literatura señala que estos estudios se han basado en el análisis más amplio de los modelos de TAM y TBP (Lin et al., 2011; Hung et al., 2013; Susanto y Goodwin, 2013; Lian, 2015) en los que se señala a la confianza y el riesgo como factores determinantes de la intención del uso del e-Gov.

2. Metodología

La metodología que se utiliza parte, de una revisión de la bibliografía existente sobre el fenómeno de estudio. Del mismo modo, las fuentes de información secundarias que

se utilizan, para la descripción del gobierno electrónico, proceden de E-Government Development Index que muestra el estado de desarrollo del gobierno electrónico de los Estados miembros de las Naciones Unidas. Junto con una evaluación de los patrones de desarrollo del sitio web en un país, el índice de Desarrollo del Gobierno Electrónico incorpora las características de acceso, como la infraestructura y los niveles educativos, para reflejar cómo un país está utilizando las tecnologías de la información para promover el acceso y la inclusión de su gente. El EGDI es una medida compuesta de tres dimensiones importantes del gobierno electrónico: provisión de servicios en línea, conectividad de telecomunicaciones y capacidad humana. El EGDI no está diseñado para capturar el desarrollo del gobierno electrónico en un sentido absoluto; más bien, tiene como objetivo dar una calificación de desempeño de los gobiernos nacionales entre sí (Naciones Unidas, 2019).

Para la presente investigación se toma en cuenta al ranking de las 10 mejores economías del mundo (Austria, Dinamarca, Finlandia, Japón, Nueva Zelanda, Republica de Corea, Singapor, Sweden, Reino Unido), las 10 economías más representativas de América (Argentina, Barbados, Canadá, Chile, Colombia, Costa Rica, México, Estados Unidos, Uruguay), y por último, pero no por eso menos importante se realiza una comparación de los países que mantienen economías similares a las de Ecuador (Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Perú), el marco temporal corresponde al período comprendido entre 2008-2018. Este último responde tanto a un criterio de actualidad como de consideración de las diferentes fases de los cambios experimentados por el fenómeno en estudio

3. Resultados y Discusión

El gobierno electrónico es un fenómeno social que ha ido alcanzando relevancia a lo largo de las últimas décadas a nivel mundial, particularmente se denota un especial desempeño en economías desarrolladas, como por ejemplo Dinamarca, Australia y Corea del sur, que ocupan los primeros lugares en la implementación del gobierno electrónico (figura 1). En este sentido, los datos revelan que los resultados expuestos son coherentes con el nivel de ingresos que cada una de estas economías muestra; es decir, mientras más inversión realice el gobierno en instituciones gubernamentales presentará mayor innovación y aplicaciones de herramientas digitales que los hagan ser más eficientes, a fin de brindar un servicio de calidad a la sociedad.

Los servicios en línea más utilizados en el mundo en 2018 son los relacionados con pagos del servicio eléctrico, declaraciones de impuestos y registro de nuevos negocios. La disponibilidad de servicios por correo electrónico, actualizaciones de *feeds*, aplicaciones móviles y SMS se ha duplicado a nivel mundial, particularmente en los sectores de la salud y la educación. La tendencia general será la implementación de servicios electrónicos en los sectores ocupacional y ambiental y el uso de tecnologías de la información por parte de los diversos países para promover el acceso y la inclusión de los ciudadanos (Naciones Unidas, 2019).

A continuación, seguiremos con el análisis del desempeño del e-Gov en países de América, la figura 2 muestra que los resultados son coherentes con los datos anteriormente analizados, dado que los países que registran los más altos niveles en el Índice de Desarrollo del E-Gobierno (EDGI), son economías desarrollas, como es el caso

de: Estados Unidos y Canadá. La excepción resulta Uruguay, que al ser una economía en desarrollo destaca entre los países de América latina, este hecho es el resultado de las políticas públicas aplicadas por el gobierno uruguayo que implementa la digitalización de servicios y procesos dentro de las entidades gubernamentales a partir del año 2016.

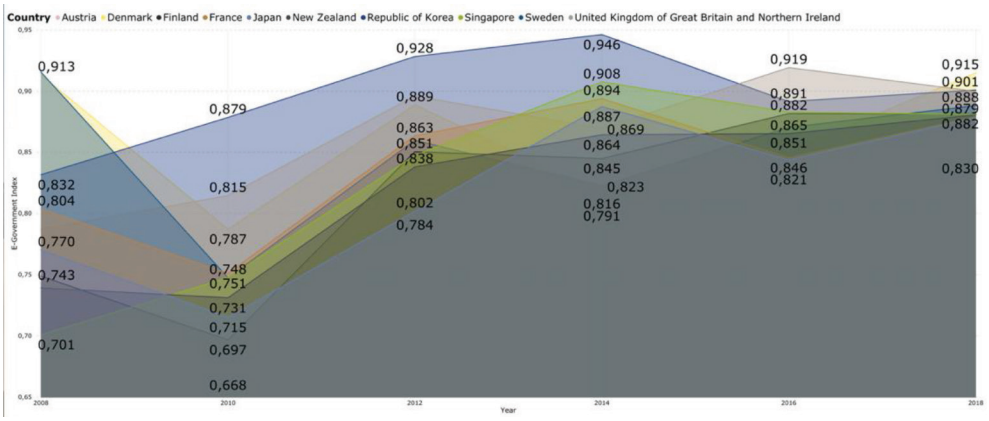


Figura 1 – Top 10 de países del mundo. 2008- 2018

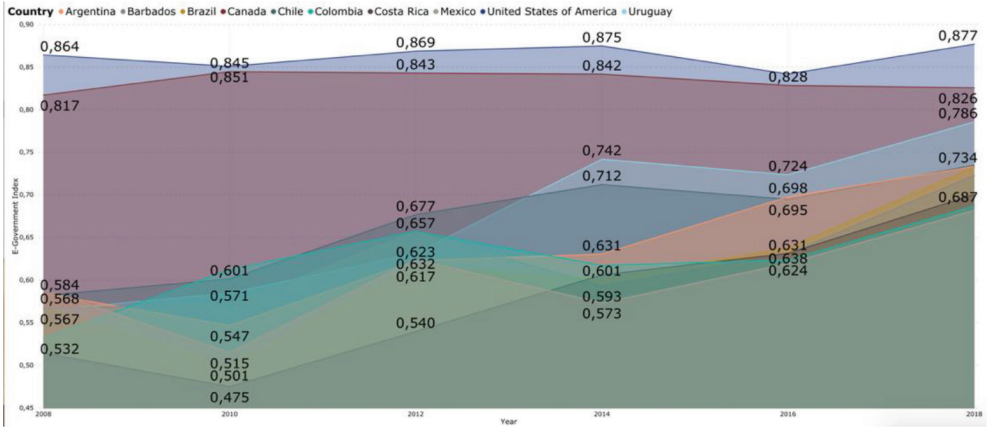


Figura 2 – Top 10 de países de América. 2008- 2018

Si nos referimos puntalmente al caso de Ecuador en relación a economías similares, se destaca que existen ciertas brechas al comparar cada una de éstas. El país inició la implementación del gobierno electrónico en estas dos últimas décadas, no obstante, según los datos de desempeño del EDGI, los esfuerzos realizados no reflejan los resultados obtenidos hasta el momento, dado que es un país que se encuentra relegado

en la clasificación general por desempeño, implementación y uso del E-gov. En general, estos resultados apuntan a que las políticas gubernamentales aún no se están dirigidas, en su totalidad, al cumplimiento de este objetivo específicamente, y que conjuntamente con la crisis económica no han permitido la potenciación de este tipo de recursos digitales, para convertir a las instituciones en entidades que se muestren verdaderamente al servicio de la comunidad.

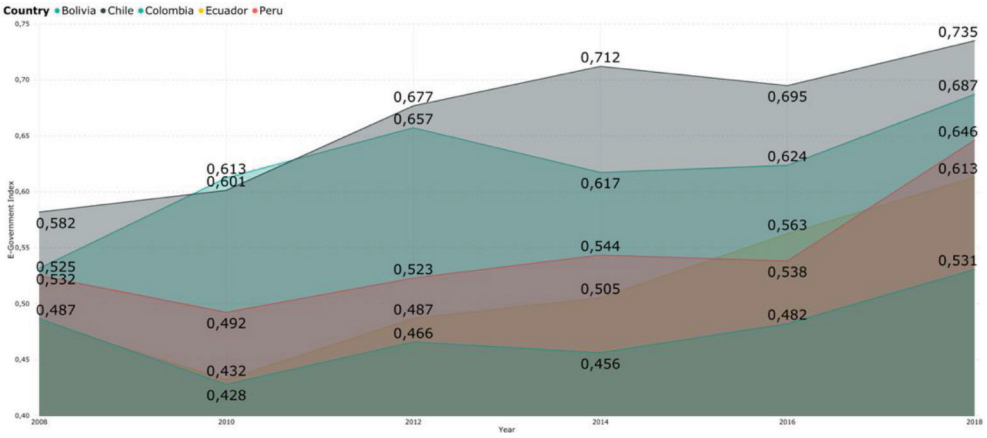


Figura 3 – Ecuador frente a países de economías similares 2008-2018

4. Conclusiones

En las últimas décadas los gobiernos a nivel mundial han mostrado su interés por mejorar los servicios que brindan las entidades estatales a su cargo, implementando una serie de innovaciones que conjuntamente con las TIC han dado lugar la adopción y aplicación del gobierno electrónico.

Asimismo, es de importancia para la aplicación de E-Gov la participación activa, directa y en tiempo real de los ciudadanos que adquieren la diversidad de servicios ofrecidos por parte de los gobiernos. Por otro lado, se destaca que el desempeño logrado por el gobierno electrónico se aprecia, sin lugar a dudas, mayormente en economías desarrolladas puesto que cuentan con recursos económicos y tecnológicos necesarios para la aplicación de las diferentes herramientas digitales que los hacen ser más competitivos.

Los resultados finales apuntan que el Ecuador es un país que se encuentra en proceso de adopción e implementación de las tecnologías de la información y comunicación, hecho que no le ha permitido aún despegar y logar un desempeño adecuado en materia del e-Gov. Del mismo modo, presentan ciertas falencias en la conexión directa con los ciudadanos haciendo que este servicio sea un tanto ineficiente y que la sociedad ecuatoriana no se sienta parte del proceso de actualización y modernización con la tecnología como eje transversal.

Referencias

Abu-Shanab, E. A. (2015). Reengineering the open government concept: An empirical support for a proposed model. *Government Information Quarterly*, 32(4), 453-463.

Al-Jaghoub, S., Al-Yaseen, H., and Al-Hourani, M. (2010). Evaluation of Awareness and Acceptability of Using e- Government Services in Developing Countries: the Case of Jordan. *The Electronic Journal Information Systems Evaluation*, 13(1), 1-8.

Alanezi, M.A., Mahmood, A.K. and Basri S. (2012). E-Government Service Quality in Saudi Arabia. *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, 54(3), 1-20.

Amira, A., & Soumeya, B. (2019). The Electronic Government of Quebec—The Canadian Experience. *Journal of Modern Accounting and Auditing*, 15(3), 143-165.

Araujo, M. H., & Reinhard, N. (2013). Factors Influencing the Use of Electronic Government Services in Brazil. *REGE Revista de Gestão*, 22(4), 585-596.

Baum, C. and Di Maio, A. (2000). Gartner's Four Phases of E-Government Model. https://www.gartner.com/doc/317292/gartners-phases-egovernment-model.htm

Bwalya, J. (2009). Factors Affecting Adoption of e-Government in Zambia. *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, 38(4), 1-13.

Coursey, D. and Norris, D.F. (2008). Models of E-government: Are They Correct? An Empirical Assessment. *Public Administration Review*, 68(3), 523-536.

Cunha, M. A. V. C., Miranda, P. R. M. (2013). Uso de TIC pelos governos: uma proposta de agenda de pesquisa a partir da produção acadêmica nacional. *Organizações & Sociedade*, 20(66), 543-566

El-Haddadeh, R., Weerakkody, V. and Al-Shafi, S. (2013). The complexities of electronic services implementation and institutionalisation in the public sector, *Information & Management*, 50(4), 135–143.

Farzandipour, M. and Meidani, Z. (2014). Medical universities educational and research online services: benchmarking universities website towards e-government, *Acta Informatica Medica*, 22(3), 189.

Gil-Garcia and Luna-Reyes (2006). *Integrating Conceptual Approaches to E-Government*, Encycl. E-Commerce, EGovernment Mob. Commer., 636–643.

Golubeva, A.A. (2007). Evaluation of Regional Government Portals on the Basis of Public Value Concept: Case Study from Russian Federation, in Janowski, T. and Pardo, T. (eds.). *Proceedings of the 1st International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance: ICEGOV 2007*, Macao, China, 10–13 December. New York, NY: ACM, 394-397.

Hiller, J.S. and Bélanger, F. (2001). *Privacy Strategies for Electronic Go*vernment. Arlington, VA: PricewaterhouseCoopers Endowment for the Business of Government. http://www.businessofgovernment.org/sites/default/files/PrivacyStrategies.pdf.

Homburg, V. (2013). Diffusion of personalized e-government services among Dutch municipalities, *Tékhne*, 11(2), 83–91.

Horng, S.J., Rosiyadi, D., Fan, P., Wang, X. and Khan, M.K. (2013). An adaptive watermarking scheme for e-government document images, *Multimedia Tools and Applications*, 72(3), 3085–3103.

Hsieh, P., Huang, C. and Yen, D.C. (2013). Assessing web services of emerging economies in an Eastern country – Taiwan's e-government, *Government Information Quarterly*, 30(3), 267–276.

Hung, S.-Y., Chang, C.-M., & Kuo, S.-R. (2013). User acceptance of mobile e-government services: an empirical study. *Government Information Quarterly*, 30(1), 33–44.

Im, T., Cho, W., Porumbescu, G. and Park, J. (2012). Internet, trust in government, and citizen compliance, *Journal of Public Administration Research and Theory*, 24(3),741–763, DOI: 10.1093/jopart/mus037.

Jaeger, P.T., Greene, N.N., Bertot, J.C., Perkins, N. and Wahl, E.E. (2012). The co-evolution of e-government and public libraries: technologies, access, education, and partnerships, *Library & Information Science Research*, 34(4), 271–281.

Kaisara, G. and Pather, S. (2011). The e-Government Evaluation Challenge: A South African Batho Pele-Aligned Service Quality Approach. *Government Information Quarterly*, 28(2), 211-221.

Kuburić, M., Kopić, M. and Matić, B. (2014). Contemporary methods of spatial data acquisition- the road to e-government, Geodetski Vestnik, 58(2), 314–326.

Layne and Lee (2001). 1.2 -Developing a fullly functional egovernment: a four stage model, *Gov. Inf. Quaterly*, 18, 122–136.

Lian, J.W. (2015). Critical factors for cloud based e-invoice service adoption in Taiwan: an empirical study, *International Journal of Information Management*, 35(1), 98-109.

Lin, F., Fofanah, S., & Liang, D. (2011). Assessing citizen adoption of e-government initiatives in Gambia: A validation of the technology acceptance model in information systems success. *Government Information Quarterly*, 28(2), 271–279.

Lufunyo, H. (2013). Impact of Public Sector Reforms on Service Delivery in Tanzania. *International Journal of Social Science Tomorrow*, 2 (2), 1-26.

Ronaghan, S.A. (2001). *Benchmarking E-Government: A Global Perspective*. New York: United Nations Division for Public Economics and Public Administration and American Society for Public Administration.

Rose and Grant. (2010). Critical issues appertaining to the planning and implementation of E-Government initiatives, *Gov. Inf. Q.*, 27(1), 26–33.

Ruano de la Fuente, J.M. (2013). E-government strategies in Spanish local governments, *Local Government Studies*, 40(4), 600–620.

Savoldelli, A., Codagnone, C. and Misuraca, G. (2014). Understanding the e-government paradox: Learning from literature and practice on barriers to adoption', *Government Information Quarterly*, 31(1), S63–S71.

Siskos, E., Askounis, D. and Psarras, J. (2014). Multicriteria decision support for global e-government evaluation, *Omega*, 46, 51–63.

Susanto, T. D., & Goodwin, R. (2013). User acceptance of SMS-based e-government services: Differences between adopters and non-adopters. *Government Information Quarterly*, 30(4), 486–497.

Taipale, S. (2013). The use of e-government services and the Internet: the role of sociodemographic, economic and geographical predictors, Telecommunications Policy, 37(4), 413–422.

Tambascia, C.A., Menezes, E.M., Kutiishi, S.M. and Barbosa, R.C. (2012). Usability evaluation of electronic government services for interactive TV, *Procedia Computer Science*, 14, 301–310, doi:10.1016/j.procs.2012.10.034.

U. N. E. C. for Africa (2012). *Framework for a set of e-government core indicators*, Partnersh. Meas. ICT Dev., no. March, 1–54.

Weerakkody, V., El-Haddadeh, R., Al-Sobhi, F., Shareef, M.A. and Dwivedi, Y.K. (2013). Examining the influence of intermediaries in facilitating e-government adoption: an empirical investigation, *International Journal of Information Management*, 33(5), 716–725.

Wescott, C.G. (2001). E-government in the Asia-Pacific region. *Asian Journal of Political Science*, 9(2), 1-24.

Wilson, S.C. (2014). e-Government legislation: implementation issues for programs for low-income people, *Government Information Quarterly*, 31(1), 42–49.

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

Recebido/Submission:28/11/2019
Aceitação/Acceptance: 26/01/2020

Tendencias investigativas en educación en ciberseguridad: un estudio bibliométrico

Alejandro Valencia-Arias[1], María Camila Bermeo Giraldo[2], Yesenia Acevedo-Correa[3], Luis Fernando Garcés-Giraldo[4], Jefferson Quiroz-Fabra[5], Martha Luz Benjumea-Arias[6], Juan Patiño-Vanegas[7]

jvalencia@americana.edu,co, cies2@escolme.edu.co, yesenia.acevedo@udea.edu.co, lgarces@americana.edu.co, jsquirozf@unal.edu.co, marthabenjumea@itm.edu.co, juanpatino@itm.edu.co

[1]Corporación Universitaria Americana, Medellín, Colombia.

[2]Institución Universitaria Escolme, Medellín, Colombia.

[3]Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

[4]Corporación Universitaria Americana, Medellín, Colombia.

[5]Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

[6]Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia.

[7]Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia.

Pages: 225–239

Resumen: La ciberseguridad cobra relevancia desde una perspectiva educativa para el entendimiento de los avances tecnológicos actuales y la protección de los nuevos procesos de innovación. En este artículo se presentan los hallazgos encontrados mediante un estudio bibliométrico desarrollado sobre las publicaciones académicas hechas sobre la educación en la ciberseguridad entre 2001 y 2019. Este análisis tiene como objetivo mostrar el crecimiento y vigencia de este tema durante el transcurrir de los años, así como analizar la difusión y el impacto que tienen estas investigaciones a través de sus autores, revistas y países que la promueven. Esto se hace con el uso de indicadores de cantidad y calidad que ayudan a hacer un recorrido sobre el desarrollo del tema integrando las áreas del conocimiento y las tendencias investigativas asociadas, que deja un panorama sobre lo que se ha venido desarrollando en los últimos años y sus aplicaciones en los diferentes sectores.

Palabras clave: ciberseguridad; bibliometría; educación.

Research trends in cybersecurity education: a bibliometric study

Summary: Cybersecurity becomes relevant from an educational perspective, for the understanding of current technological advances, and the development of new ones in order to meet the challenges of the future. This paper presents the findings through a bibliometric study developed on academic publications made on

cybersecurity education as a topic of interest. This analysis aims to show the growth and validity of this topic over the years, as well as to analyze the dissemination and impact that these investigations have through their authors, magazines and countries that promote it. This is done with the use of quantity and quality indicators that help to make a journey on the development of the topic by integrating the areas of knowledge and associated research trends, which leaves an overview of what has been developing in recent years and its applications in different sectors.

Keywords: cybersecurity; bibliometry; education.

1. Introducción

En esta nueva era del conocimiento en el que se mueve la sociedad y más aún en un mundo globalizado como el de la actualidad, la información se ha vuelto un recurso de gran valor. Eventos como la fuga de información, ataques informáticos, protocolos y sistemas de seguridad doblegados y demás fallas de seguridad que involucran tanto al sector privado cómo al público, hacen pensar en la vulnerabilidad de los sistemas que albergan la información (Venter, Blignaut, Renaud & Venter, 2019), que se convierte en un arma estratégica y táctica para la gobernabilidad de cualquier organización y también de naciones, teniendo entonces implicaciones de riesgos y amenazas inminentes (Cano, 2008).

El concepto de ciberseguridad nace entonces como un mecanismo para la materialización de la idea de defensa nacional digital, que se incuba en los Estados Unidos desde la presidencia de Bill Clinton, una vez se es consciente de los peligros que representa la manipulación de cierta información y de los sistemas en los que esta se encuentra, pues podría provocar desestabilidad en varios sectores de la sociedad. Es por esto que el desarrollo de un marco legal para la acción, el perfeccionamiento y aplicación de medidas técnicas y procedimentales, el diseño y aplicación de estructuras organizacionales requeridas, el desarrollo y aplicación de una cultura de ciberseguridad y la cooperación internacional, como base para este logro de dimensiones globales (Cano, 2011).

La ciberseguridad o seguridad informática hace referencia a las áreas de la ciencia de la computación que se encargan de la protección tanto de la estructura computacional y de la información que es soportada en este, que es uno de los recursos más importantes a proteger (Von Solms & Van Niekerk, 2013). Esto involucra el estudio y análisis de las redes computacionales a través de una serie de estándares, protocolos, métodos y demás herramientas que se tienen para poder minimizar los posibles riesgos a la infraestructura y/o a la información circundante, por lo que se involucran el software, el hardware y las redes (Jaiyen & Sornsuwit, 2019). De esta manera la ciberseguridad busca garantizar el mantenimiento de las propiedades de seguridad de los activos de la organización, así como a los usuarios y su información, contra riesgos propios del ciber entorno (Ganesan, Jajodia, Shah & Cam, 2016).

Es por este tipo de sucesos que se hace un llamado a la educación, formación y sensibilización de todos los actores involucrados en la ciberseguridad, pues supone un tema de gran interés para la estabilidad de las diferentes organizaciones e instituciones que cada día se integran más a la tecnología y las redes de información (Carrillo, J. J. M., Zambrano, N. A., Cantos, J. S. M., & Bravo, M. Z. (2019). Esta educación se debe enfocar

en que todos los que interactúen con Internet entiendan las medidas elementales para el buen funcionamiento, así como los beneficios del buen control de la seguridad en el tratamiento de la información, con el fin de confirmar la confianza que los usuarios tienen sobre las tecnologías de la información y la comunicación (Cayón & García, 2014).

Este logro en la seguridad se puede lograr con el apoyo de las naciones impulsado las respectivas normativas que regulen el manejo de la información y estimulen el desarrollo de herramientas para dicho control (Sornsuwit & Jaiyen, 2019). Tanto las organizaciones como las personas deben ser parte activa de esta tendencia, por lo que es necesario que se integre la *cultura del ciber riesgo*, entendida como un escenario para que no solo sean los expertos y académicos los que hablen y expongan sus inquietudes, sino para que los demás usuarios entiendan y sean veedores de los procesos regulados en torno a la seguridad (Cayón & García, 2014), donde también se integran los estudiantes que son la generación que hoy por hoy más consume sistemas de información en Internet (Katerattanakul & Kam, 2019).

El sector militar es uno de los más interesados y desarrollados alrededor del tema, ya que ponen como prioridad la seguridad de la información que se maneja y que es sensible a posibles fugas (McGettrick, 2013). De esta manera las fuerzas militares enfocan su atención en la búsqueda de métodos que permitan promover una cultura de la seguridad informática que se relacione con el uso de herramientas tecnológicas con el fin de prevenir riesgos asociados al crimen cibernético (Peralta, 2015). El sector financiero por su parte también es sensible a este tipo de ataques, sobre todo en el mercado de valores donde se mueven grandes sumas de dinero de diferentes compañías, y en donde la confianza en los sistemas de información es de vital importancia para la dinámica del este sector (Bustos, 2017).

Dado esta variedad de panoramas, se hace necesario incluir dentro de los procesos educativos la ciberseguridad como tema de relevancia dentro de la formación de especialistas en sistemas computaciones como en las demás profesiones que serán usuarios de los mismos. Por ejemplo, en la Universidad de Ciencias Médicas de la Habana, se planteó una estrategia conjunta para la modernización de infraestructura y actualización del conocimiento en ciberseguridad para poder soportar el trabajo de la plataforma informática nacional Red Cuba que administra la información sobre salud pública, educación, educación superior y cultura, por lo que es necesario infundir los temas de seguridad para el correcto manejo de estos sistemas e información de calidad (Regalado & Regalado, 2015).

Las empresas además requieren de los nuevos profesionales habilidades que se ajusten a las necesidades y retos que cada día se integran en el mundo cibernético, por lo que más universidades deben integrar nuevos componentes dentro de sus programas curriculares como el Internet de las Cosas, comprensión de los Malware y mecanismos de defensa más actuales, así como el uso de la misma tecnología para brindar mejores experiencias en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Beltrán & Martín, 2015). Esto también necesita prácticas docentes que enfoquen su atención dentro de la dinámica estudiantil integrando la ciberseguridad de forma práctica, como el propuesto por Ribada-Pena et al. (2015), donde se usa un simulador de plataformas denominado *DSBox* con el fin de recrear algunas situaciones y posibles escenarios donde se pueden

dar los ciberataques así como interactuar con las variables clave dentro de la dinámica de uso seguro de las redes y su respectiva defensa, promoviendo el conocimiento de una forma más interactiva y fácil de entender.

Como se ha visto, el avance que se tiene respecto a la ciberseguridad, sobre todo en la importancia que tiene en el ámbito educativo, es crucial para emprender iniciativas y estrategias, basadas en las experiencias exitosas hechas alrededor del mundo, que integren este aspecto a los procesos educativos de todos los niveles, en los escenarios públicos y privados, involucran los estamentos oficiales no solo de educación sino también de tecnología, industria y cultura, entendiendo todas las implicaciones que representa en la sociedad. Por lo que el reto se encuentra en lograr la cooperación entre el estado, las empresas y el ciudadano general en el logro de una estrategia de ciberseguridad que forme a nuevos expertos en el tema y que promueva la educación en los niveles necesarios a través de un currículo idóneo.

Con el presente estudio se hace uso del análisis bibliométrico como una herramienta de gran ayuda para el reconocimiento del comportamiento que tiene un área específica (Arias-Ciro, 2020), usando las tendencias encontradas como insumo para la discusión sobre las oportunidades que se encuentran en la educación en ciberseguridad. De esta manera, el estudio tiene como objetivo la divulgación de los resultados para futuras investigación o acciones dirigidas sobre las tendencias encontradas y los focos de atención que se pueden encontrar en el análisis sobre los temas alrededor de la ciberseguridad.

2. Metodología

A continuación, se desarrolla un análisis bibliométrico sobre los resultados hechos mediante una búsqueda con la ayuda de la base de datos SCOPUS. La bibliometría se puede definir como la ciencia que estudia la naturaleza y curso de una disciplina, siempre y cuando dé lugar a publicaciones (Sancho, 2002), por lo que es una herramienta oportuna para realizar este análisis, pues es útil para medir la actividad y repercusión científica a través de la cuantificación de las publicaciones y las citas sujetas a un individuo, grupo de investigación, institución o país, además que permite hacer un seguimiento a las tendencias y cambios asociados, contribuyendo de esta manera a obtener un panorama y un ruta de trabajo más claras (Arenas y Santillán-Rivero, 2002).

Ahora para hacer el respectivo análisis se emplea la ecuación se búsqueda que se muestra a continuación:

(TITLE (cybersecurity OR {cyber security} OR “cyber-security”) AND TITLE
(education OR teaching OR learning OR training OR {higher education}
OR pedagogy))

Con los resultados obtenidos se procede a hacer los respectivos análisis a través de los indicadores de cantidad, calidad y estructura que muestran las relaciones respectivas del desarrollo de la temática de interés.

3. Resultados

Con el uso de la ecuación de búsqueda planteada se obtuvieron 324 resultados que representan el insumo para hacer los diferentes análisis de indicadores que se presentan a continuación.

Indicadores de cantidad

Los indicadores presentados hacen referencia al grado de productividad científica que se tiene frente a la educación en ciberseguridad en términos de la cantidad de publicaciones desarrolladas alrededor de esta en los diferentes medios.

- ***Publicaciones por año***

En este indicador se muestra el comportamiento que se tiene en tanto al desarrollo de los procesos investigativos que giran en torno al tema de interés como se puede ver en la figura 1. Se puede ver que se tienen registros a partir del 2001, donde hasta a mediados del año 2009 se tenía una baja participación en el mismo, pero que desde el 2011 se empieza a observar un crecimiento en el número de publicaciones generadas, teniendo un incremento desde el 2017 y con un pico de producción en lo que lleva corrido del 2019. Ello, indica que la educación en ciberseguridad es una temática de gran importancia y auge en los últimos años, lo cual permite que se desarrollen más avances y se investigue más abiertamente sobre la aplicabilidad de este tema.

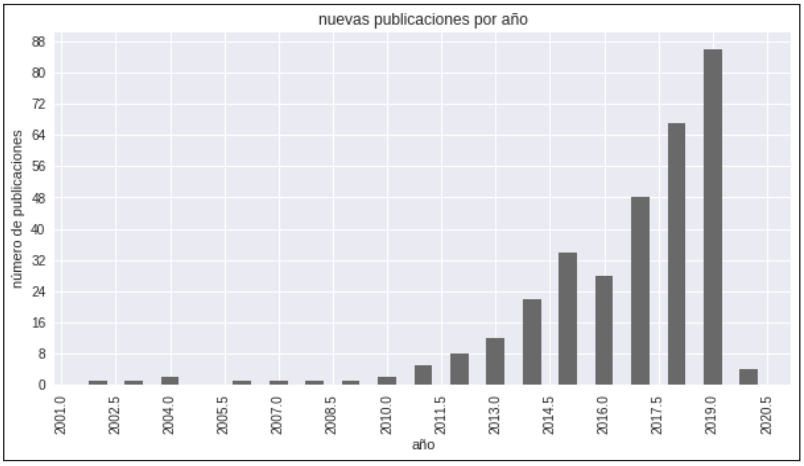


Figura 1 – Publicaciones por año

En la figura 2 se puede observar esta tendencia de crecimiento en donde se ven las publicaciones acumuladas mostrando el comportamiento exponencial que se tiene del crecimiento en la producción en el tema de interés, resultando un crecimiento del 42,8 % anual.

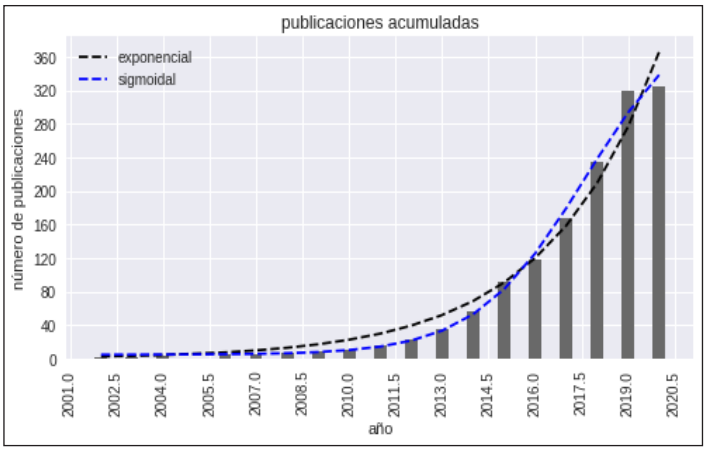


Figura 2 – Publicaciones acumuladas

Otro factor importante para el análisis de la información científica que se puede generar y sobre todo de la que se tiene como base para los próximos avances, es el referente a la vida media que tiene esta literatura científica, pues puede dar un nivel de validez y actualidad de los conocimientos que se van desarrollando y los que son objeto de consulta (Rojas-Moreno, Cásares, Viloria & Chaparro-Martínez, 2013). En la figura 3 se puede observar este factor y su comportamiento a lo largo de los años, con una vida promedio de 2,8 años, y de 2,2 años en los últimos 5 años.

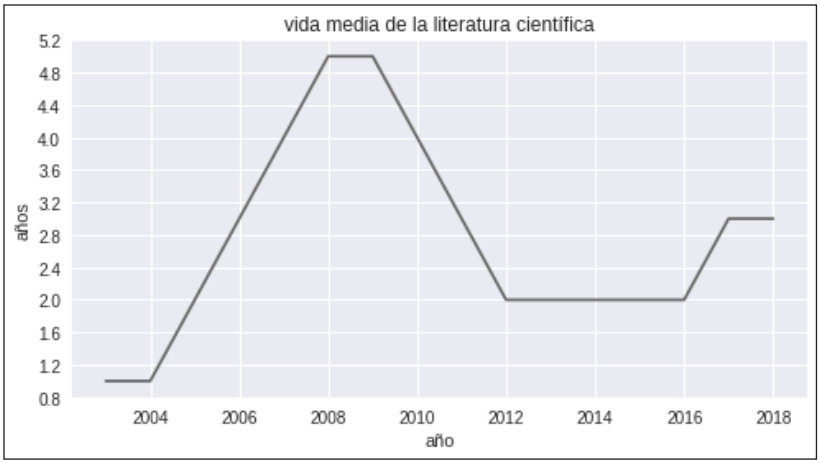


Figura 3 – Vida media de la literatura científica

- ***Publicaciones por revista***

En la figura 4 se tiene la lista de las 10 revistas con mayor número de publicaciones hechas sobre educación en ciberseguridad, donde la revista *Lecture Notes in Computer Science* es líder con 17 publicaciones. Esta es una revista de gran renombre que centra sus publicaciones entorno a las ciencias computacionales y que además cuenta con dos subseries dedicadas a la inteligencia artificial y a la bioinformática, convirtiéndola en receptora de gran cantidad de trabajo y avances en los diferentes temas de interés alrededor de las ciencias computaciones en donde se encuentra el componente educativo de la ciberseguridad. En segundo lugar, con 14 publicaciones, se encuentra *Proceedings – Frontiers in Eeducation Conference, FIE,* la cual es una revista que hace la difusión de los avances y trabajos presentados en este evento que se centra en las innovaciones en la educación y la investigación tanto en ingeniería como en computación.

Hay que resaltar que se tienen varios títulos asociados a las notas y resultados de los trabajos presentados en estos eventos de difusión del conocimiento tanto en el ámbito educativo como en el del desarrollo en las ciencias computacionales, en donde los investigadores están mostrando sus avances, así como otras revistas muy especializadas en los temas de interés como la revista *ACM Inroads*, la cual se basa en la educación computacional avanzada y que hace parte de la Asociación de maquinaria computacional.

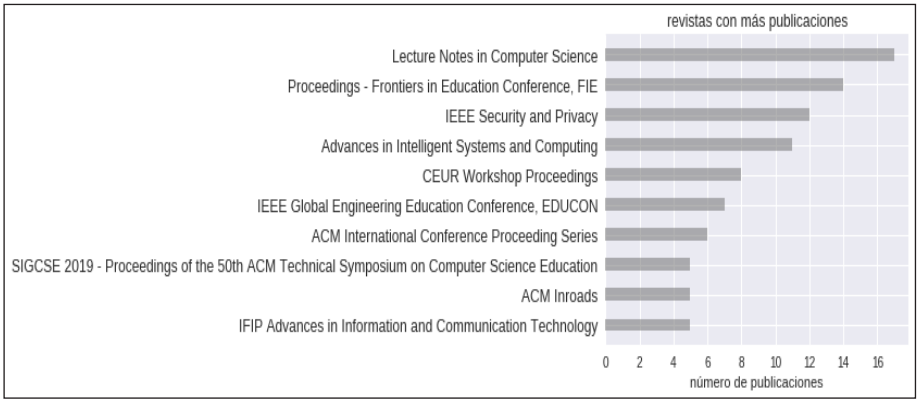


Figura 4 – Revistas con mayor número de publicaciones

- ***Publicaciones por país***

En este indicador se analizan los países que tiene un mayor número de publicaciones asociadas como se muestra la figura 5. Es notable como los Estados Unidos es el país con mayor participación en la producción académica en el tema pues cuenta con 170 publicaciones, siendo el gran líder respecto a los demás países listados, como el Reino Unido que en segundo lugar cuenta con 100 veces menos publicaciones, con un total de 17 publicaciones. Los siguientes países listados cuentan con menor cantidad de publicaciones y que están distribuidos entre Europa con Italia, Alemania, Grecia y

Finlandia, y Asia con India, Japón y China, así como Australia, todos con una cantidad de publicaciones que oscilan entre 5 y 10.

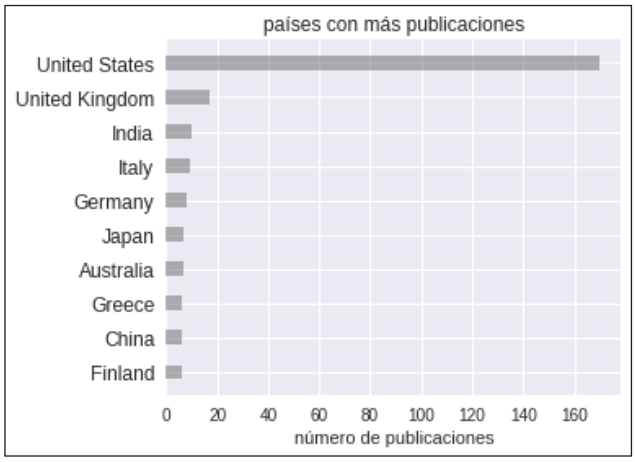


Figura 5 – Países con más publicaciones

Además, se obtiene del análisis que solo el 2% de los países publican el 50 % de la producción académica mundial y que el 43 % de los países han publicado un único trabajo de avance en el tema.

- ***Publicaciones por autor***

En la figura 6 se pueden ver los 10 autores que mayor cantidad de aportes generan en el tema de educación en ciberseguridad. Con 8 publicaciones el autor R. Beuran es el líder del grupo. En segundo lugar, se encuentran los autores Y. Shinoda, A. Parrish, Y. Tan y D. Tang que cuentan con 5 publicaciones cada uno. Terminando la lista se encuentran los últimos 5 autores que cuentan 4 publicaciones cada uno.

Según la distribución que se tiene en torno a la producción académica el 41, 9 % de los autores producen el 50 % de las publicaciones en el tema, lo que muestra una distribución uniforme alrededor de los aportes de los diferentes autores consultados. También se tiene que según el índice de transitoriedad el 88,6 % de los autores al menos ha publicado un único trabajo.



Figura 6 – Autores con más publicaciones

4. Indicadores de calidad

Ahora se abordan los indicadores de calidad, los cuales sirven para medir el impacto que tienen las publicaciones a través de las citaciones, así como para medir el desempeño que tienen los resultados de las investigaciones desarrolladas, a lo que se refiere al impacto que se tiene con dichos avances en los diferentes medios.

- ***Impacto por revista***

Las 10 revistas con mayor cantidad de citaciones relacionadas son listadas en la figura 7. Con 385 citaciones el mayor impacto lo tiene la revista *IEEE Communications Surveys and Tutorials* la cual se especializa en encuestas y tutoriales en todo lo relacionado a los aspectos en el campo de las comunicaciones y las tecnologías que se desarrollan alrededor de este segmento del conocimiento estando a la vanguardia de los avances del campo bajo el sello del Instituto de Ingeniería eléctrica y electrónica, lo cual le da un gran estatus como se puede ver al ser líder en citaciones. Con una diferencia de más de 200 citaciones se encuentra la revista *Computers and Security* que cuenta con 106 citaciones asociadas, es una revista técnica con prestigio en la seguridad de las tecnologías de la información publicada por la casa editorial Elsevier, que va desde la seguridad, el control, la auditoría y la integridad de la información en todos los sectores. Muy de cerca con 96 citaciones se encuentra otra revista asociada al Instituto de Ingeniería eléctrica y electrónica, la *IEEE Security and Privacy*, la cual integra aspectos de seguridad en

los sistemas de información, y que hace la publicación de los resultados de los trabajos presentados en el simposio de seguridad y privacidad que desarrolla la IEEE. Como se había mencionado anteriormente, esta revista se encuentra entre aquellas que aportan con mayor cantidad de publicaciones en el tema como se muestra en la figura 4.

El resto de las revistas en lista hacen referencia a aquellas que hace la publicación de los avances presentados en eventos académicos y conferencias especializadas, donde se destacan la *ACM International Conference Proceedings Series* y la *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*, que también figuran entre las revistas que mayor número de publicaciones tienen asociadas.

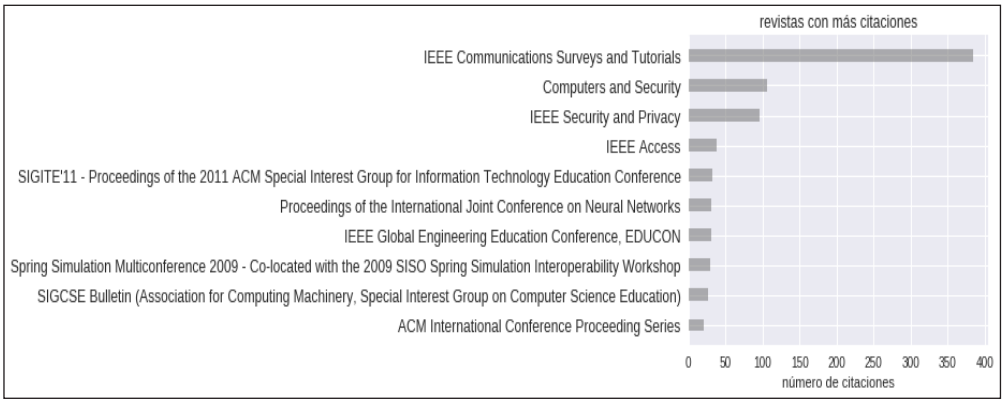


Figura 7 – Impacto por revistas

Además, se tiene que solo el 3,6 % de las revistas cuentan con el 50 % de las citaciones en el campo y el 41, 8 % de las revistas no tienen ninguna citación, según el índice de transitoriedad, lo cual muestra una distribución de citaciones muy desigual y centrada en algunas revistas.

- ***Impacto por autor***

El impacto relacionado a los autores hace referencia al número de citaciones que se tienen sobre los trabajos e investigaciones que han sido consultadas de los diferentes autores que se dedican a este campo del conocimiento en donde se destacan a los 10 autores con más citaciones según lo muestra la figura 8. En primer lugar, con 383 citaciones se encuentran los autores A.L. Buczak y E. Guven que muestran un gran predominio en este tema pues cuentan con una cantidad de citaciones superior en comparación con los demás autores listados. En segundo lugar, los autores T.D. Nguyen, M.F. Thompson, C.E. Irvine y B.D. Cone con 108 citaciones cada uno, en su trabajo investigativo. El resto de los autores cuentan con menos de 50 citaciones cada uno.

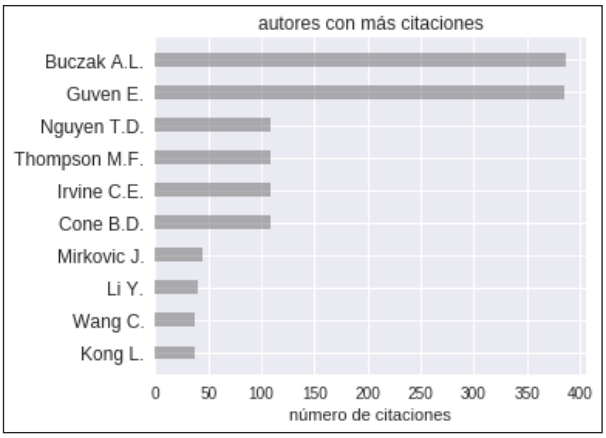


Figura 8 – Impacto por autor

Dado que solo algunos autores son los que tienen la gran mayoría de las citaciones en el campo, se tiene que solo el 4 % de los autores consultados cuentan el 50 % de las citaciones, mientras que el 45,2 % de los autores no cuentan con ninguna citación asociada, lo que muestra una distribución poco homogénea.

- ***Tendencias investigativas***

Terminando los indicadores de calidad se tiene el análisis hecho sobre las palabras clave que tienen los trabajos consultados con los cuales se puede observar las tendencias sobre los temas de interés que se investigan y profundizan dentro de la educación en ciberseguridad. Para dicho análisis se toman dos periodos de tiempo, uno que va desde el 2001 donde empieza a publicarse sobre estos temas hasta el año 2014, y el otro que comprende los últimos 5 años, de 2015 a 2019. Es preciso notar como ha aumentado el interés en la investigación de los diferentes temas, sobre todo en los últimos 5 años como se puede ver en la figura 9. Las dos grandes tendencias en investigación se centran en la *Seguridad de la red* y la S*eguridad de los datos*, ambos de gran importancia dentro del segmento de las tecnologías de información y la comunicación, una enfocada desde los procesos de seguridad de la estructura del sistema que soporta los datos y la otra centrada en los datos mismos que son la materia prima dentro de este contexto. Estos son dos temas que van de la mano y que son de gran importancia al integrarse a los procesos de muchas organizaciones, empresas e instituciones tanto púbicas y privadas que manejan muchos recursos, por lo que se vuelven de gran interés sobre todo en una era en el que los sistemas de información son cada vez de mayor importancia y donde se debe tener un especial cuidado a los ataques cibernéticos o lo llamados crímenes computacionales (Cano, 2008; Cayón & García, 2014).

Otros temas que se asocian dentro de estas tendencias corresponden al grupo de *algoritmos* y *sistemas de aprendizaje*, así como el *e-learning*., los cuales hacen referencia a los avances que se desarrollan en términos de la educación tanto de las personas como de las propias maquinas. El *e-learning* y los *sistemas de aprendizaje* se alinean para proveer herramientas para la enseñanza y aprendizaje de las personas dentro de cualquier organización, en temas de interés que les permiten desarrollar las competencias necesarias, según corresponda el caso (Cayón & García, 2014). Por otro lado, los *algoritmos de aprendizaje* se basan en aquellos procesos dentro de las ciencias computacionales que se integran a intentos para que las maquinas puedan aprender de forma automática cierto tipo de acciones, lo cual se asocia con proceso de inteligencia artificial, esto también se relaciona con la capacidad de conocimiento del entorno y así generar propuestas de seguridad acordes a este (Cano, 2008). Todo esto se asocia de manera coherente con temas como la *enseñanza* y la *educación en ingeniería*, pues juegan uno de los papeles más importantes para poder apuntar y lograr llegar a los retos que se proponen esta rama del conocimiento (Coz & Fojón, 2011).

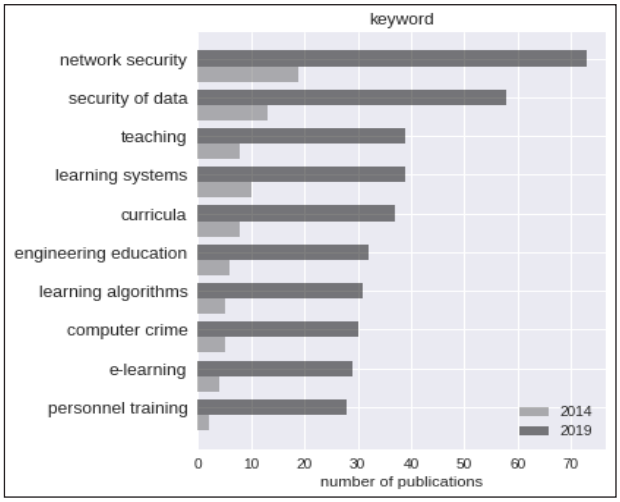


Figura 9 – Tendencias investigativas

5. Conclusiones

La presente investigación tuvo como objetivo analizar el crecimiento y vigencia de este tema de la educación en ciberseguridad durante el transcurrir de los años, encontrándose que a partir del año 2001 al 2019 el interés por investigar en este estudio aumentó notablemente, dando cuenta de preocupación por los riesgos a los cuales se enfrenta la gestión de la información mediante los nuevos medios y plataformas de comunicación apoyados en la tecnología y el Internet.

En cuanto a la difusión y el impacto que tienen estas investigaciones a través de sus revistas, la revista *IEEE Communications Surveys and Tutorials* cuenta con el mayor

número de citas mientras que la revista *Lecture Notes in Computer Science* es la más publica en el campo de conocimiento. El indicador de países muestra a Estados Unidos como el país con mayor impacto y más prolifero, ratificando la importancia que tiene para esta potencia mundial el valor que tiene la seguridad de la información y la educación del individuo para estar preparado frente a los riesgos de su gestión en el marco de la era tecnológica.

Por otro lado, los autores se centran en los temas tradicionales de estudio, lo que hace que se encuentre gran conexión entre ellos, como la seguridad de la red, de los datos recolectados mediante los sistemas, la enseñanza y los sistemas de aprendizaje, de esta manera no se observan temas diversos o novedosos. Lo anterior se puede confirmar con la red de autores la cual es poco dispersa mostrando que los investigadores que van surgiendo se adhieren a redes ya existentes (conocimiento centralizado) mientras que en la periferia e inclusive desconectados de la red se observan como pocos los temas novedosos que segmentan la red.

Para trabajos futuros, podría recomendarse con base en el análisis de las conexiones de las palabras claves identificadas, que hay pocos estudios con metodologías novedosas que orienten hacia la enseñanza de soluciones prácticas de los riesgos en el tratamiento de la información. Por lo que, se recomienda, además, aumentar el número de estudios, lo que permitirá aumentar la participación de los investigadores y sus interacciones con otros para la generación de nuevos temas sobre ciberseguridad y el aprendizaje.

Referencias

Arenas, J. & Santillán-Rivero, E. (2002) Bibliometría ¿Para qué? Biblioteca Universitaria *Nueva Época*. 5(1). 3-10. Disponible: https://rdu-demo.unc.edu.ar/handle/123456789/715?locale-attribute=es

Arias-Ciro, J. (2020). Estudio bibliométrico de la eficiencia del gasto público en educación. *Revista CEA, 6*(11), 127-144. https://doi.org/10.22430/24223182.1588

Beltrán, M. y Martín, I. (2015) Experiencias actualizando la asignatura de Seguridad Informática para los grados de Ingeniería Informática. *Actas de las primeras jornadas nacionales de investigación en ciberseguridad*. Instituto Nacional de Seguridad, España. 176-181.

Bustos, R. A. (2017). Facilitating support of cyber: Toward a new liaison model with cybersecurity education at Augusta University. *Journal of Business & Finance Librarianship, 22*(1), 24-31.

Cano, J. (2008) Cibercrimen y ciberterrorismo. Dos amenazas emergentes. *ISACA Information Control and Audit Journal*. Vol 6. Disponible en: http://www.isaca.org/Journal/Past-Issues/2008/Volume-6/Pages/JOnline-Cibercrimen-y-CiberterrorismoDos-Amenazas-Emergentes.aspx

Cano, J. (2011) Ciberseguridad y ciberdefensa: dos tendencias emergentes en un contexto global. *Revista Sistemas*. Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas. N° 119. Disponible en: https://acis.org.co/archivos/Revista/119/Editorial.pdf

Carrillo, J. J. M., Zambrano, N. A., Cantos, J. S. M., & Bravo, M. Z. (2019). Ciberseguridad y su aplicación en las Instituciones de Educación Superior. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação,* (E20), 438-448.

Cayón, J. & García, L. (2014) La importancia del componente educativo en toda estrategia de Ciberseguridad. *Estudios en Seguridad y Defensa*. Centro de estudios estratégicos sobre seguridad y defensa nacionales, 9(18), 5-13.

Coz, J. & Fojón, E. (2011). *Un modelo educativo para una estrategia nacional de ciberseguridad*. Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España.

Ganesan, R., Jajodia, S., Shah, A., & Cam, H. (2016). Dynamic scheduling of cybersecurity analysts for minimizing risk using reinforcement learning. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST), 8*(1), 1-4

Jaiyen, S., & Sornsuwit, P. (2019). A New Incremental Decision Tree Learning for Cyber Security based on ILDA and Mahalanobis Distance. *Engineering Journal, 23*(5), 71-88.

Katerattanakul, P., & Kam, H. J. (2019). Enhancing Student Learning in Cybersecurity Education using an Out-of-class Learning Approach. *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice, 18*(1), 29-47.

McGettrick, A. (2013). Toward effective cybersecurity education. *IEEE Security & Privacy, 11*(6), 66-68.

Peralta, O. (2015) *Ciberseguridad: nuevo enfoque de las Fuerzas Militares en Colombia*. *Universidad Militar Nueva Granada*. Facultad de relaciones internacionales, estrategia y seguridad. Disponible en: https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/7884

Regalado, E.R. & Regalado, E. M. (2015). Nuevos retos en informatización y ciberseguridad para la Universidad de Ciencias Médicas de La Habana. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*. 14(4), 376-379.

Ribadas-Pena, F. & Anido-Bande, R., Darriba-Bilbao, V. (2015*) Repositorio de actividades autónomas para la docencia de seguridad en sistemas informáticos*. Universidad de Vigo.

Rojas-Moreno, B.,Cásares, M., Viloria, F., & Chaparro-Martínez, E. (2013). Análisis Bibliométrico de la Literatura Científica Publicada en la Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Central de Venezuela: Período 2002-2011. I. Indicadores de Producción. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, *54*(1), 47-56.

Sancho, R. (2002). Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología. *Revisión Bibliográfica*. Recuperado de http://www.temarium.com/serlibre/recursos/pdf/79059.Inteligencia%20Competitiva.Lecturas.pdf#page=77

Sornsuwit, P., & Jaiyen, S. (2019). A New Hybrid Machine Learning for Cybersecurity Threat Detection Based on Adaptive Boosting. *Applied Artificial Intelligence, 33*(5), 462-482.

Venter, I. M., Blignaut, R. J., Renaud, K., & Venter, M. A. (2019). Cyber security education is as essential as "the three R's". *Heliyon, 5*(12), 1-8

Von Solms, R., & Van Niekerk, J. (2013). From information security to cyber security. *Computers & Security, 38*, 97-102.

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

Recebido/Submission: 18/12/2019
Aceitação/Acceptance: 07/02/2020

Integración de las tecnologías de la información y comunicación para una educación militar innovadora

Mantilla Mersi[1], Loza Sara[1], Casco Jaime[1], Saltos Narcisa[1]

mpmantilla@espe.edu.ec, siloza@espe.edu.ec, jdcasco@espe.edu.ec, nesaltos1@espe.edu.ec

[1] Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Departamento de Seguridad y Defensa, Av. General Rumiñahui y Ambato, 170501, Sangolqui, Ecuador

Pages: 240–251

Resumen: Un reto de la educación es preparar a los estudiantes para su desempeño en escenarios donde predomina la tecnología, las carreras de formación militar están inmersas en esta tendencia. En este estudio se recopiló información de diferentes casos relacionados con el binomio Educación – Tecnología en el entorno militar. La metodología para la búsqueda de información fue el modelo Gavilán; y el método del Aprendizaje Experiencial de Kolb utilizado en el proceso de enseñanza aprendizaje de los estudiantes en la Escuela de Formación de Soldados del Ejército "Vencedores del Cenepa"; mediante una evaluación diagnóstica a 632 estudiantes promoción 2018-2020 de la asignatura de Herramientas Ofimáticas Básicas y de Aplicación Profesional donde se obtuvo una valoración de 3,734 sobre 6 puntos; al mismo grupo se aplicó la evaluación del tercer parcial o final, con una valoración de 5,043 sobre 6 puntos, permitiendo evidenciar un mayor conocimiento en el manejo de la tecnología.

Palabras-clave: Educación militar; recursos metodológicos; rendimiento académico; saberes; Tecnologías de la información y comunicación.

Integration of information and communication technologies for an innovative military education

Abstract: A challenge of education is to prepare students for their performance in scenarios where technology predominates, military training careers are immersed in this trend. In this study, information was collected on different cases related to the Education - Technology binomial in the military environment. The methodology for the search for information was the Gavilán model; and the Kolb Experiential Learning method used in the student learning teaching process at the Army Soldiers Training School "Vencedores del Cenepa"; through a diagnostic evaluation to 632 students 2018-2020 promotion of the subject of Basic Office Tools and Professional Application where an assessment of 3,734 over 6 points was obtained; to the same group, the evaluation of the third partial or final was applied, with an evaluation of 5,043 out of 6 points, allowing to show a greater knowledge in the management of the technology.

Keywords: Military education; methodological resources; academic performance; knowledge; information and communication technologies

1. Introducción

La educación es el eje principal en el desarrollo de las distintas áreas, y al encontrarnos en la era de la sociedad de la información y el conocimiento o era digital, donde existe mucha información disponible en diversos campos, lo esencial no es el conocimiento sino la capacidad de obtenerlo y saber aplicarlo, lo que significa aprender a aprender con independencia (De la Parra Jara, 2005, p. 146); por lo tanto es indispensable analizar la educación en el entorno militar, donde los futuros soldados profesionales deberán ser formados de manera integral, para la protección efectiva de la soberanía e integridad territorial, con apoyo de la tecnología.

Las Fuerzas Armadas del Ecuador, realizan acciones encaminadas a acoplarse a esta nueva era en los procesos educativos del Sistema de Educación Militar, contemplado en el Modelo Educativo de las Fuerzas Armadas (MEFFAA). (Comaco, 2018).

En éste trabajo abordamos la temática integrada por el binomio Educación - Tecnología en un entorno militar, donde se detallan las experiencias educativas en países como: España, Venezuela, Brasil y Ecuador; además se incorpora el resultado de la investigación realizada en la Escuela de Formación de Soldados del Ejército "Vencedores del Cenepa" (ESFORSE) a los estudiantes de la promoción 2018-2020, en la evaluación diagnóstica y en el tercer parcial de la asignatura de Herramientas Ofimáticas Básicas y de Aplicación Profesional, para finalmente realizar un análisis de las estrategias y / o técnicas que fueron aplicadas en el proceso de enseñanza aprendizaje para lograr una mejor calificación final y poder presentar las conclusiones.

2. Estado del Arte

Iniciaremos exponiendo lo descrito por Torres y García:

> *Como educadores la mejor enseñanza que podemos – debemos realizar con los estudiantes es la de enseñarles a aprender y enseñarles a pensar. Y como estudiantes el mejor aprendizaje que pueden hacer es el de aprender a aprender y aprender a pensar. No es tan importante la cantidad de información que es capaz de recordar una persona como la habilidad de saber qué información le falta, cómo adquirirla y qué estrategias utilizar en el tratamiento de dicha información. (Torres & García, 2011).*

Según Torres y García (2011) manifiesta que, para aprender a aprender y para aprender a pensar, hay un denominador común que es el conocimiento metacognitivo, es decir, capacidades que permiten al o la estudiante conocer y regular sus propios procesos de aprendizaje.

Con el uso de la tecnología se puede generar nuevos o mejorar los productos, procesos o servicios (Benavides, 1998). Sin duda que las tecnologías se constituyen en un relevante apoyo para la educación y de forma particular para la formación militar considerando la modalidad de formación dual y el régimen interno de estudios, sobre los cuales se

desarrolla la carrera en la ESFORSE; por lo que el uso de dispositivos electrónicos como el celular y la portátil, contribuyen a establecer un aprendizaje más productivo; haciendo el docente una importante contribución en el proceso de aprendizaje, con orientaciones útiles que facilite y se aproveche las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación), considerando limitantes en su grupo estudiantil; por el contrario la desatinada orientación puede llevar al estudiante a una restricción en el uso de éstas, creando confusión y nulo interés por su utilización en las aulas.(Hermosa Del Vasto, 2015).

Las TIC permiten el acceso, producción, tratamiento y comunicación de información mostrada en diferentes formatos (texto, imagen, sonido, ...); cuyos elementos más relevantes son el computador e Internet (Ortiz, 2011). El computador de escritorio, el computador portátil y el Smartphone, al conectarse al Internet se convierten en una herramienta que potencia el desarrollo del proceso de aprendizaje; que nos permite acceder a una gran variedad de recursos como las páginas Web, correo electrónico y la compartición de archivos.(Caccuri, 2012).

Para conseguir cambios significativos y lograr una educación innovadora, es necesario la aplicación de nuevos conocimientos, conjuntamente con la tecnología (Alianza para el emprendimiento e innovación AEI, 2014, p. 55); alineados con los principios de la innovación, la misma que debe ser: fruto del esfuerzo sistémico y organizado; simple y concreta; y debe iniciar a pequeña escala, para ir consolidándose y ampliándose progresivamente. (Castro & Rufino, 2015). Siendo necesario incorporar el aprendizaje electrónico e-learning, que es una forma de adquirir conocimiento por medio de la utilización de sistemas de aprendizaje y las TIC como medio de enseñanza. (Zofío, 2013).

El compromiso de mejorar el proceso educativo a través de la tecnología, implica la participación de la institución como tal, el estudiante y el docente con un papel preponderante; éste último debe manejar sus competencias de forma eficiente, conjugando los contenidos, los objetivos de la asignatura, así como las estrategias metodológicas idóneas, para involucrar de tal manera a la tecnología en cada actividad o tarea de aprendizaje, considerando el tiempo, el escenario y las condiciones en donde se desarrolla la clase, para alcanzar de forma significativa los resultados de aprendizaje. La formación militar involucra grandes retos y ello implica tomar las mejores opciones para progresar y adaptarse al igual que otras áreas del conocimiento a las tecnologías de la información y la comunicación(Hermosa Del Vasto, 2015).

Estamos conscientes del papel que el docente cumple frente a las exigencias y demandas del mundo y sus tendencias tecnológicas, por lo que su motivación debe ser no solo de crecimiento profesional sino de cumplir a cabalidad con su rol en el quehacer educativo, lo que implica seguir de cerca el progreso tecnológico y llevarlo al aula para su aplicación, lo que le permita involucrar actitud y estrategia motivadora a la par de presentar novedosos recursos didácticos, aprovechando las bondades y aplicaciones de las TIC. (Torres P., 2017).

A continuación se describen varias experiencias relacionadas con el binomio Educación - Tecnología en un entorno militar:

(González & Álvarez, 2016) manifiesta que en España se ha analizado la formación interactiva en seguridad y defensa, evidenciando cómo la formación interactiva (e-learning) privada ha roto barreras físicas y temporales en una área netamente manejada por entidades públicas, este tipo de formación permite que mayor cantidad de alumnos de diversos lugares puedan beneficiarse; además se resalta la relación de confianza entre el alumno y el docente, siendo ésta más personalizada, permitiendo al alumno desarrollar competencias de manera más intensa; considerando a la metodología docente y la seguridad en las operaciones, como factores de éxito y como limitantes la juventud proto-científica de la disciplina y el complejo adiestramiento del docente para reorientarlo al medio digital así como rediseñar las evaluaciones.

El caso de la Academia Militar de Venezuela, evidencia las muchas ventajas y los mínimos riesgos que representa el impacto de Internet y WWW en educación; entre las ventajas más relevantes se cita: incremento de la comunicación (sincrónica y asincrónica) entre los involucrados en el proceso de aprendizaje; neutraliza la educación memorística, promueve el aprendizaje cooperativo, e incentiva al trabajo creativo del estudiante; como uno de los riesgos se resalta que la gente al requerir información se pierde en el ciberespacio (Álvarez & Estudios, s. f.).

Una de las características del aparato militar brasileño es la de mantener un control interno y externo, en un ambiente de orden y disciplina, cualidades que lo han hecho acreedor a ser uno de los aparatos militares más modernos y poderosos de América Latina, abastecido por los Estados Unidos, con el manejo de ciertas tecnologías, que evoluciona el sistema educacional brasileño con la aplicación de acciones específicas puestas en práctica en los últimos diez años.(Morales-Gomez, 1978).

Acorde al aporte emitido por Héctor Luis Saint Pierre de la Universidad de Brasil expresa en su artículo, que el servicio militar ha integrado diseños estratégicos para las Fuerzas Armadas con una apropiación de la transferencia tecnológica del software y el incremento de los recursos destinados a la investigación y tecnología de la defensa, encaminando a la ejecución de procesos de resguardo que estimulen la consolidación de la confianza y autonomía estratégica de la región.(Saint-Pierre, 2009).

En la Escuela de Infantería de Marina del Ecuador (ESDEIM), se describe la apreciación, uso y nivel de integración de las TIC en el aprendizaje, se evidencia que los docentes poseen una percepción positiva hacia el uso de las TIC en la educación, sintiéndose seguros al utilizar los recursos tecnológicos básicos: correo electrónico, procesador de texto, hoja de cálculo y manejadores de presentaciones, sin embargo las herramientas más complejas no saben utilizarlos: creación de páginas web y manejo de sitios para alojar información; como una de las recomendaciones considera la capacitación a los profesores. (Ordónez Eras, 2018).

Las Fuerzas Armadas del Ecuador, a través de la Dirección de Educación Militar (DIEDMIL), como ente rector del Comando Conjunto, tiene bajo su responsabilidad el desarrollo de los lineamientos estratégicos y doctrinarios que rigen la educación militar que se imparte a través de sus entes operativos como son las escuelas de formación, capacitación y perfeccionamiento que tienen como objetivo formar soldados y perfeccionar a sus efectivos, asegurando un elevado nivel de profesionalismo de sus unidades de combate.

Para viabilizar lo antes expuesto, han desarrollado documentos, entre ellos el Modelo Educativo de las Fuerzas Armadas, una norma conceptual y filosófica, que permite articular los procesos educativos en el Sistema de Educación Militar, dando lineamientos que permitan optimizar recursos, integrar contenidos, racionalizar y sistematizar la evaluación, lo que promueve en la educación militar un espacio de satisfacción tanto para el docente como para el estudiante "Aspirante" (C.C., 2018), en concordancia con la normativa legal vigente, como es la Constitución de la Republica (2008), la Ley Orgánica de la Defensa Nacional (2007), la Ley Orgánica de Educación Superior (2010) y sus Reglamentos, la Ley de Personal de Fuerzas Armadas (2009) y su Reglamento (2011) y las normas concernientes a la formación, perfeccionamiento, especialización y capacitación para cumplir con el mandato constitucional, en el Art. 158, determina que "las Fuerzas Armadas tienen la misión fundamental de la defensa de la soberanía e integridad territorial y, complementariamente, apoyar en la seguridad integral del Estado de conformidad con la ley" (Asamblea Constituyente del Ecuador, 2008).

Es necesario resaltar y romper ese falso estereotipo que considera que los militares son personas que solo están cualificadas para el uso de las armas, por lo que muchos civiles piensan que los militares carecen de una formación intelectual (Sandoval & Otálora, 2015), hecho que está muy lejos de la realidad, debido a que su formación se desarrolla dentro de una Modalidad Dual, que consiste en la interacción continua y sistemática entre la teoría y la práctica en la formación de los estudiantes a través del desarrollo simultáneo, a lo largo del período académico, (Consejo de Educación Superior, 2018), para las Fuerzas Armadas del Ecuador, esta relación se plasma entre las escuelas de formación militar y la Universidad de Fuerzas Armadas - ESPE.

En tal virtud, el profesional militar es un sujeto que, sumado a referentes de orden más conceptuales, centra su atención en su salud y el bienestar físico y mental. En este marco, la cultura física potencia y desarrolla acciones asociadas a las anteriores, mediante conocimientos que permiten evidenciar las habilidades corporales y mentales por medio de actividades físicas y lúdicas. Es importante considerar la existencia de un fenómeno social con una velocidad, depreciación y heterogeneidad en la producción y aplicación del conocimiento, demandando sujetos, comunidades, organizaciones e instituciones preparadas para asumir las transformaciones globales actuales, (Rojas Granada & Aguirre Cano, 2014).

Un factor trascendental para la dinamización de los procesos de enseñanza-aprendizaje, se ha establecido como política institucional la integración de las TIC en el sistema educativo militar, para fortalecer los procesos pedagógicos administrativos, investigativos y de vinculación con la sociedad para su desarrollo.

Para aportar con mejoras en cualquier área es indispensable partir de una línea base, más aún en la educación orientada a los adultos, la misma que conlleva a la integración de habilidades y competencias innatas (andragogía), donde el aprendiente tiene un rol protagónico en su aprendizaje articulando la información, del conocer, hacer y el ser. (SECAP, 2015). Por ello el propósito de ésta investigación es identificar los niveles de conocimientos previos al inicio de la asignatura de Herramientas Ofimáticas Básicas y de Aplicación Profesional de los aspirantes a soldados del Ejército Ecuatoriano, en relación al uso de la herramientas ofimáticas, se aplica la evaluación diagnóstica y posteriormente

en una nueva evaluación se obtiene los datos al finalizar la asignatura; aplicando las etapas de la investigación como: planeamiento, recolección de datos y análisis de datos y para la evidencia de resultados se deben incluir tablas, gráficos, diagramas y los análisis correspondientes; considerando como unidad de estudio al estudiante que representa la persona involucrada en el proceso educativo (Supo, 2015).

3. Metodología.

La metodología aplicada en éste trabajo de investigación en lo concerniente a la búsqueda de información fue el modelo Gavilán, el mismo que permite desarrollar la competencia para el manejo de la información, modelo que consta de cuatro pasos y varios subpasos (EDUTEKA, 2006), (Tabla 1).

Paso	Descripción
1	Definir el problema de información y qué se necesita indagar para resolverlo
2	Buscar y evaluar las fuentes de información
3	Analizar la información
4	Sintetizar la información y utilizarla

Elaborado: Autores
Fuente: Adaptado(EDUTEKA, 2006)

Tabla 1 – Pasos del Modelo Gavilán

Siguiendo la metodología del modelo Gavilán se planteó como problema de información: ¿Cómo se integran las TIC en la educación militar?; procediendo a la búsqueda y evaluación de las fuentes de información, y su posterior análisis, con el fin de relacionarlo con nuestro entorno; e identificar experiencias positivas que pueden ser un referente para la mejora continua de nuestra educación militar y responder a la interrogante formulada.

En el presente trabajo también se contempla la investigación no experimental de tipo descriptiva, con recolección de datos cualitativos y cuantitativos realizado en la ESFORSE, definiendo como unidad de análisis el estudiante, la población y muestra de la investigación la conforman los aspirantes a soldados del Ejército Ecuatoriano promoción 2018 – 2020, que recibieron la asignatura de Herramientas Ofimáticas Básicas y de Aplicación Profesional.

Se utilizó como técnica la encuesta y como instrumento de recolección de datos el cuestionario; las preguntas formuladas se orientaron a obtener datos del conocimiento sobre el manejo de las herramientas ofimáticas.

El proceso investigativo constó de 3 pasos fundamentales:

1. Planeamiento

En esta fase se definieron los recursos necesarios para llevar a cabo la investigación.

2. Recolección de datos

Constó de las siguientes fases

a. Explicación previa: Se explicó a los estudiantes sobre el objetivo de la evaluación e instrucciones generales para que completen adecuadamente el instrumento de recolección de datos.
b. Aplicación de la evaluación diagnóstica al inicio de la asignatura y la evaluación del tercer parcial al finalizar la misma.

3. Análisis de datos.

a. Digitación y almacenamiento de los datos:
Se realizó mediante la creación de una base de datos en la hoja electrónica Excel; con las notas de cada evaluación.

b. Tabulación:
Para el procesamiento estadístico de los datos se aplicó filtros y subtotales en las hojas de Excel.

c. Elaboración de gráficos estadísticos:
Para aportar una mejor comprensión de la información generada se elaboró un gráfico estadístico con los datos de mayor complejidad e importancia.

d. Análisis e interpretación:
En base a los datos recolectados y procesados se generó información valiosa de la evaluación diagnóstico, que sirvió como insumo, para el ajuste y mejora pertinente en el desarrollo de la asignatura.

4. Análisis y discusión

En la Escuela de Formación de Soldados del Ejército (ESFORSE) a los 632 estudiantes de la promoción 2018-2020 se aplicó la evaluación diagnóstica al iniciar la asignatura de Herramientas Ofimáticas Básicas y de Aplicación Profesional; las unidades temáticas que se evaluaron fueron en base al contenido de la asignatura, siendo las siguientes: herramientas ofimáticas(Microsoft Office), herramientas de la web, plataformas informáticas (Quipux, Chasqui, MiEspe) e introducción de las tecnologías de la seguridad y defensa, como lo establece el Rediseño Curricular de la Carrera de Tecnología Superior en Ciencias Militares(Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2017), alcanzando un promedio de 3,734 sobre 6 puntos, equivalente a una valoración cualitativa regular y realizando una comparación al finalizar la asignatura con las mismas temáticas evaluadas al inicio, se obtuvo un promedio en el tercer parcial de 5,043 sobre 6 puntos aplicada a 626 estudiantes, cuya valoración cualitativa corresponde a muy buena, la diferencia del número de estudiantes analizados en la evaluación diagnóstica y en el tercer parcial se debe a las bajas de tipo académicas, físicas, médicas, psicológicas o voluntarias. En la tabla 1 se muestra las evaluaciones clasificadas por paralelos y en la figura 1 un consolidado comparativo entre las dos evaluaciones.

Orden	Paralelo	Evaluación diagnóstica		Evaluación tercer parcial	
		No estudiantes	Promedio	No estudiantes	Promedio
1	A	28	3,311	28	4,868
2	B	30	4,320	30	4,730
3	C	29	3,517	28	4,975
4	D	29	3,641	28	5,339
5	E	30	4,020	30	4,683
6	F	29	3,698	28	5,157
7	G	30	3,720	30	4,920
8	H	29	3,434	29	5,334
9	I	26	4,754	26	4,885
10	J	29	3,259	29	5,048
11	K	29	3,414	27	5,226
12	L	30	3,540	30	4,980
13	M	30	3,370	29	5,345
14	N	29	3,497	29	5,252
15	O	28	3,300	29	5,279
16	P	30	4,710	29	4,452
17	Q	29	3,791	29	4,890
18	R	28	4,221	28	4,889
19	S	28	3,321	28	5,675
20	T	26	4,523	26	4,900
21	U	28	3,546	28	5,254
22	V	28	3,246	28	4,857
Totales y Promedios		**632**	**3,734**	**626**	**5,043**

Elaborado: Autores

Tabla 2 – Evaluación diagnóstica y tercer parcial - asignatura Herramientas Ofimáticas Básicas y de Aplicación Profesional – estudiantes de la ESFORSE promoción 2018-2020 por paralelos

De la información mostrada en la figura 1 se puede evidenciar en la evaluación diagnóstica un promedio bajo, uno de los factores que influye en los resultados es la diversidad de niveles de conocimientos que presentan los estudiantes que ingresan a la carrera de Tecnología Superior en Ciencias Militares, esto se debe que pese a encontrarnos en la era digital, algunos estudiantes no adquirieron conocimientos básicos de computación o informática en sus estudios previos, por lo tanto es una tarea ardua tanto para el estudiante como para el docente nivelarlo en un ambiente cuyos horarios son muy rígidos y se debe cumplir con la planificación establecida.

En la evaluación del tercer parcial se evidencia un mejor rendimiento a diferencia de la evaluación diagnóstica, esto se puede atribuir en parte a la estructura de la asignatura

que contempla el componente teórico, práctico y trabajo autónomo; constituyéndose el componente práctico el de mayor predominio; complementando con las tutorías que brinda el docente en apoyo y seguimiento a los estudiantes de bajo rendimiento académico para nivelarlos y consoliden el aprendizaje, además en el entorno militar se dispone que el estudiante con bajo rendimiento académico, en lo posible destine mayor tiempo para fortalecer su aprendizaje. Así como también otro factor positivo es el interés que despierta la asignatura en el estudiante.

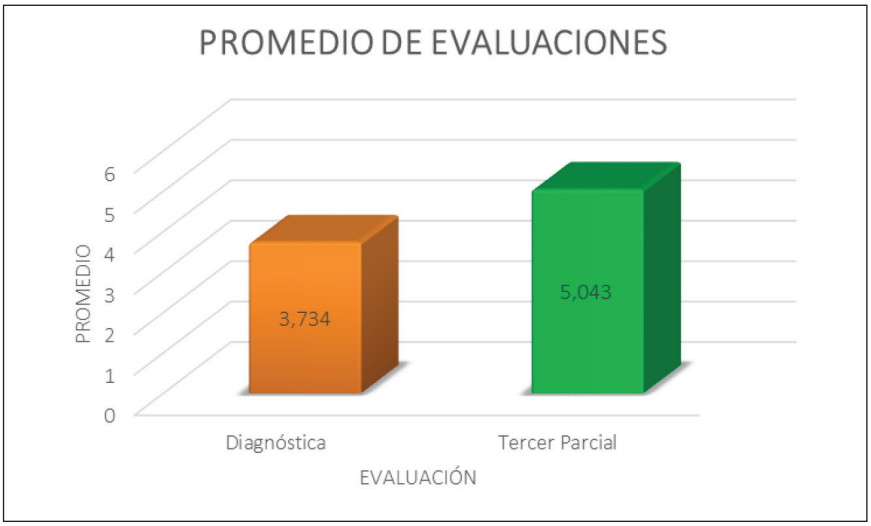


Figura 1 – Promedios de evaluación diagnóstica y tercer parcial - asignatura Herramientas Ofimáticas Básicas y de Aplicación Profesional - estudiantes de la ESFORSE promoción 2018-2020
Elaborado: Autores

El esfuerzo del docente se ve resaltado en la planificación y desarrollo de las clases con el empleo del método del Aprendizaje Experiencial o Ciclo de Kolb, de manera efectiva (Hernández & Guárate, 2017), metodología que además lo contempla el Modelo Educativo de las Fuerzas Armadas (C.C., 2018b). Siendo importante recalcar que en la formación dual donde confluyen la teoría y la práctica, en éste caso la parte académica y militar; el estudiante y el docente realizan un mayor esfuerzo para dar cumplimiento a las diversas actividades contempladas en los horarios que su formación militar lo exige; y además por una parte el docente debe preparar su clase de tal forma que logre cautivar la atención del estudiante y éste último pueda superar el cansancio intenso y el sueño que son factores presentes en el ambiente de formación militar y así logren consolidar el aprendizaje.

En este trabajo se planteó como problema de información: ¿Cómo se integran las TIC en la educación militar?, en la ESPE mediante el Centro de Educación Continua se capacita a los docentes e instructores militares de la ESFORSE en el uso de las TIC; evidencia de ello en el período septiembre 2019 – marzo 2020 se dictó los cursos

en innovación docente y herramientas informáticas en la gestión del aula y otro evento sobre tecnología educativa - objeto de aprendizaje; y los estudiantes inicia su formación en el uso de las TIC mediante la asignatura de Herramientas Ofimáticas Básicas y de Aplicación Profesional con la ayuda de los laboratorios de computación, y las computadoras portátiles, permitiéndoles practicar el manejo de las herramientas informáticas, estimulando la confianza y las ventajas que representan la era digital, generando actividades interactivas dentro y fuera del aula, donde el estudiante pone de manifiesto su nivel de dominio, creatividad y trabajo cooperativo teniendo una similitud con el aprendizaje cooperativo como lo hace la Academia Militar de Venezuela donde se hace hincapié a las ventajas relevantes del uso de las TIC en el trabajo integrado.

5. Conclusiones y Trabajos Futuros

Las experiencias relacionadas con el binomio Educación – Tecnología en el entorno de educación militar, en la ESPE - ESFORSE los estudiantes inicia su formación en el uso de las TIC mediante la asignatura de Herramientas Ofimáticas Básicas y de Aplicación Profesional estimulando la confianza y las ventajas que representan la era digital. Es así como con experiencias relacionadas con el binomio Educación – Tecnología en el entorno de educación militar España lo integra con la formación interactiva (e-learning) privada. En la Academia Militar de Venezuela el uso de las TIC ha incrementado la comunicación en el proceso de enseñanza promoviendo el aprendizaje cooperativo y, en Ecuador en la Escuela de Infantería de Marina los docentes poseen una percepción positiva hacia el uso de las TIC en la educación.

Los estudiantes de la ESPE - ESFORSE al finalizar la asignatura de Herramientas Ofimáticas Básicas y de Aplicación Profesional demuestran un incremento en el promedio de su rendimiento final de la asignatura en un 22% lo que equivale a una valoración cualitativa muy buena con relación a la evaluación inicial de regular, lo que resalta la capacidad de utilizar las tecnologías de la información y comunicación en el desarrollo de actividades administrativas, académicas y operativas

El papel que el docente cumple frente a las exigencias y demandas del mundo y sus tendencias tecnológicas implica seguir de cerca su desarrollo y su dominio en el aula involucrando actitudes, estrategias y recursos novedosos aprovechando las bondades de las TIC, para la estimulación y mejoramiento de los procesos de aprendizaje de los estudiantes durante su formación académica.

La capacitación debe ser constante al personal de docentes e instructores, para que puedan guiar adecuadamente el proceso de aprendizaje de los estudiantes, como lo resalta la experiencia española sobre el complejo adiestramiento de los docentes para reorientarlos al medio digital y lo recomienda la Escuela de Infantería de Marina del Ecuador, por ello la ESPE mediante el Centro de Educación Continua se capacita a los docentes e instructores militares de la ESFORSE en el uso de las TIC.

Referencias

Alianza para el emprendimiento e innovación AEI. (2014). Estrategia AEI. Recuperado 10 de octubre de 2018, de http://www.aei.ec/estrategia/

Álvarez, M. R., & Estudios, C. De. (s. f.). Impacto Tecnológico de las TICs (Internet y WWW) en Educación . El Caso de la Academia Militar de Venezuela.

Asamblea Constituyente del Ecuador. (2008). Constitución del Ecuador. *Registro Oficial*, (20 de Octubre), 173. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Benavides, C. (1998). *Tecnología, innovación y empresa*. *Ediciones Pirámide, Madrid, España*.

C.C., de las F. A. (2018). Modelo Educativo de las Fuerzas Armadas del Ecuador, Libro 1., 1-5.

Caccuri, V. (2012). *Computación para docentes*. USERSHOP.

Castro, I., & Rufino, J. I. (2015). *Creación de empresas para emprendedores*. (Pirámide, Ed.) (2a Ed.). Madrid: Ediciones Pirámide.

Comaco. (2018). *Modelo Educativo de la fuerzas armadas*. Quito.

Consejo de Educación Superior. (2018). Reglamento para carreras y programas en modalidad de formación dual.

De la Parra Jara, N. (2005). El desarrollo de destrezas integrales para lograr la competencia en el manejo de la información. *REXE: Revista de estudios y experiencias en educación*, *4*(7), 141-150.

EDUTEKA. (2006). Guía Para Utilizar El Modelo Gavilán En El Aula. *Eduteka*, (Cmi), 34. Recuperado de http://www.eduteka.org/CMI.php

González, C., & Álvarez, D. E. (2016). Lecciones aprendidas sobre formación interactiva en seguridad y defensa: El caso de CISDE Lessons learned in defense and security e-Learning: CISDE ' s Case, 8-16.

Hermosa Del Vasto, P. M. (2015). Influencia de las tecnologías de información y comunicación (TIC) en el proceso enseñanza-aprendizaje: una mejora de las competencias digitales. *Revista Científica General José María Córdova*, *13*(16), 121. https://doi.org/10.21830/19006586.34

Morales-Gomez, D. A. (1978). Educación y Gobierno Militar en Brasil, *VIII*, 27-57.

Ordónez Eras, L. A. (2018). Percepciones, uso y nivel de la integración de las TIC en el aprendizaje en la escuela de Infantería Marina, 80. Recuperado de http://dspace.casagrande.edu.ec:8080/bitstream/ucasagrande/1440/3/Tesis1635ORDp.pdf

Rojas Granada, C., & Aguirre Cano, S. (2014). La Formación Investigativa En La Educación Superior En América Latina Y El Caribe: Una Aproximación a Su Estado Del Arte. *Eleuthera*, *12*(12), 197-222. https://doi.org/10.17151/eleu.2015.12.11

Saint-Pierre, H. L. (2009). La Defensa en la Política Exterior del Brasil : el Consejo Suramericano y la Estrategia Nacional de Defensa. *Real Instituto El Cano*, (August), 1-31. Recuperado de http://www.realinstitutoelcano.org/wps/wcm/connect/1b12ab804fda364bb164ff8bf7fc5c91/DT50-2009_Saint-Pierre_Defensa_Politica_exterior_Brasil.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=1b12ab804fda364bb164ff8bf7fc5c91

Sandoval, E., & Otálora, C. (2015). Desarrollo corporal y liderazgo en el proceso de formación militar.

SECAP, S. E. de C. P. (2015). *Manual formación de facilitadores - educational training* (Primera ed).

Supo, J. (2015). Cómo empezar una tesis. *Tu proyecto de investigación en un solo día. 1ªedición, Bioesstadístico EIRL, Arequipa, Perú*.

Torres, P. A., & García, C. B. (2011). Estilos de aprendizaje y estilos de pensamiento en estudiantes universitarios. Aprender a aprender y aprender a pensar. *Arbor*, *187*(Extra_3), 261-266.

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. (2017). *Rediseño Curricular Tecnología Superior en Ciencias Militares*. Sangolquí.

Zofío, J. (2013). *Aplicaciones web*. Macmillan Iberia, SA.

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

Recebido/Submission: 13/11/2019
Aceitação/Acceptance: 29/01/2020

Herramientas Web 3.0 aplicado a la mejora del aprendizaje colaborativo en la educación universitaria

Gustavo Caiza[1], Fernando Ibarra-Torres[2], Alexandra Ortiz[2], Marcelo V. Garcia[2,3], Valeria Barona - Pico[2]

gcaiza@ups.edu.ec, of.ibarra@uta.edu.ec, ga.ortiz@uta.edu.ec, mv.garcia@uta.edu.ec, va.barona@uta.edu.ec.

[1] Universidad Politécnica Salesiana, 170146, Quito, Ecuador.

[2] Universidad Técnica de Ambato, 180103, Ambato, Ecuador.

[3] University of Basque Country, 48013, Bilbao, Spain.

Pages: 252–265

Resumen: Con el objetivo de mejorar la calidad de la educación universitaria, las Facultades de Contabilidad y Auditoría e Ingeniería de Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, están integrado el uso de las herramientas Web 3.0 en las labores académicas para fomentar el aprendizaje colaborativo. La presente investigación tiene el fin de valorar el uso y aplicación de las herramientas Web 3.0 en el proceso de aprendizaje colaborativo en el año lectivo 2018 y 2019. Nuestra investigación es de carácter descriptivo y se enmarca metodológicamente en un enfoque mixto y de corte transversal. La muestra constituye 4 coordinadores de carrera, 12 docentes y 97 estudiantes. Los principales hallazgos evidencian a los primeros pasos para integrar las herramientas Web 3.0 en el proceso de aprendizaje colaborativo. Sin embargo, falta mejorar la infraestructura tecnológica; así como capacitaciones sobre herramientas Web 3.0 para buscar la innovación con las mismas.

Palabras-clave: Aprendizaje colaborativo; web 3.0; contenido de aprendizaje.

Web 3.0 Tools used to the improvement of collaborative learning in university education.

Abstract: With the aim of improving the quality of university education, the Faculties of Accounting and Auditing and Systems Engineering, Electronics and Industrial Engineering of the Technical University of Ambato, have integrated the use of Web 3.0 tools in academic work to encourage collaborative learning. This research aims to assess the use and application of Web 3.0 tools in the collaborative learning process in the 2018 and 2019 academic year. Our research is of a descriptive nature and is methodologically framed within a mixed and cross-cutting approach. The sample consists of 4 career coordinators, 12 teachers and 97 students. The main findings show the following: the first steps have been taken to integrate

Web 3.0 tools in the collaborative learning process. However, the technological infrastructure needs to be improved, as well as training on Web 3.0 tools in order to seek innovation with them.

Keywords: Collaborative learning; web 3.0; learning content.

1. Introducción

Actualmente la incorporación de Web 3.0 en el proceso de aprendizaje colaborativo constituye una base importante en el modo de la interacción tanto entre estudiante y entre docentes (Diani, 2013). Al día de hoy la incorporación de las herramientas Web 3.0 en el ámbito educativo enfrenta grandes retos (Lal, 2011). En este sentido se busca que la universidad cambie su modelo educativo, en donde todos los actores tanto estudiantes y docentes interactúen de manera adecuada en el proceso de aprendizaje colaborativo.

Al incorporar las herramientas Web 3.0 no solamente exige una capacitación para su uso, sino que exige romper barreras relacionadas a la dependencia de conocimiento únicamente proveniente del docente (Egel, 2009). Uno de los inconvenientes que afronta esta investigación, es la manera en que estudiantes y docentes hacen uso de las herramientas Web 3.0, así como el grado en que el uso real resulta o no coincidente con los resultados esperados. Pero se presenta la gran oportunidad de que tanto docentes y estudiantes, estén utilizando y compartiendo conocimientos con el uso de estas herramientas, y cómo estas pueden ayudar a la transformación y transportación del conocimiento, en función del aprovechamiento global de la información.

Por lo tanto, es importante considerar el uso de las herramientas Web 3.0 como una estrategia metodológica (Hussain, 2012), que genere expectativas a través de nuevas experiencias que den origen al conocimiento y pensamiento colaborativo, asimismo, dotar tanto a docentes y estudiantes del conocimiento y dominio de estas herramientas para aumentar su potencial en cualquier escenario. Con esto podremos definir estrategias de enseñanza que fortalezcan el aprendizaje colaborativo, donde los estudiantes puedan tener acceso al conocimiento no solo del docente sino de los mismos estudiantes u otros docentes, y llevar esos conocimientos al aprendizaje (Robin D. Morris, 2011; Rudman & Bruwer, 2016).

Para conseguir un avance en el aprendizaje colaborativo con herramientas Web 3.0, es necesario capacitar y actualizar al personal docente, además de equipar los espacios universitarios con infraestructura tecnológica adecuada. La capacitación de docentes, alumnos y de toda la comunidad universitaria, implica un esfuerzo y un rompimiento de estructuras para adaptarse a una nueva forma de aprendizaje; así, la universidad se podría dedicar fundamentalmente a formar de manera integral a los individuos, mediante prácticas educativas acordes a la colaboración humana (Tuijnman & Boström, 2002).

Finalmente, los canales de comunicación de la Web 3.0, han abierto la posibilidad de una igualdad comunicativa con perspectivas hacia una globalización de información, por lo tanto, el proceso de aprendizaje y enseñanza ya no es exclusivo solo de una persona a otra, sino de grupos a grupos, dando lugar así al aprendizaje colaborativo (Murphy & Cifuentes, 2001).

Esta investigación consistió en valorar el uso y aplicación de las herramientas Web 3.0 en el proceso de aprendizaje colaborativo entre las Facultades de Contabilidad y Auditoría e Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, durante el periodo lectivo 2018 y 2019 y toma como punto de partida la parte didáctica; momento en que se procesa la información entre los diferentes actores con un sentido pedagógico.

Este trabajo está compuesto por 4 secciones incluida la introducción. En la Sección 2 se explican los materiales y métodos usados en esta investigación. En la Sección 3 se explican los datos obtenidos al aplicar las encuestas sobre el uso de herramientas Web 3.0 tanto en estudiantes como en profesores y finalmente en la Sección 4 se explican las conclusiones obtenidas en el presente estudio.

2. Materiales y Métodos

La presente investigación busca enforcarse en proponer estrategias que permitan mejorar el uso y aplicación de las herramientas Web 3.0 en el proceso de aprendizaje colaborativo. Además, es de carácter descriptivo, porque describe las principales características de las herramientas Web 3.0, y como contribuyen a mejorar la globalización de la información.

Se enmarca metodológicamente en un diseño mixto, dadas las características del estudio en el cual se requieren los aportes de los enfoques cuantitativo y cualitativo para resolver el problema planteado de forma integral. Es de corte transversal puesto que se realizó en el período académico 2018 - 2019 entre la Faculta de Contabilidad y Auditoría y la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

El grupo en este estudio está conformado por 4 coordinadores de carrera, 12 profesores y 97 estudiantes de las carreras ofertadas en las Facultades. Se utilizó el muestreo no probabilístico por conveniencia para seleccionar a los participantes, esto en vista de la facilidad de reclutamiento al momento de solicitar la información.

Se usa la inducción y deducción como métodos generales para el análisis de datos, y de igual manera el análisis y la síntesis. La encuesta estructurada se utilizó como herramienta para la recolección de dato. La entrevista fue realizada a los coordinadores de carrera participantes de ambas facultades y la encuesta aplicada a estudiantes y profesores participantes de las mismas.

El procesamiento y análisis de datos cualitativos se realizó con los siguientes pasos:

1. Conseguir la información: esta se hizo a través del registro sistemático de notas de campo.
2. Recolectar, transcribir y ordenar la información: la captura de la información se hizo a través de registro electrónico.
3. Compilar la información: se agrupó la información obtenida en categorías que concentran las ideas, conceptos o temas similares descubiertos en el estudio.
4. Constituir la información: aquí se relacionó las categorías obtenidas en el paso anterior, entre sí y con los fundamentos teóricos de la investigación.

La técnica de análisis de contenido temático y la triangulación de datos se utilizó para analizar los datos. Además, la encuesta se utilizó como técnica para recolectar, procesar

y analizar los datos cuantitativos y enfocados siempre en los objetivos formulados en este estudio.

3. Resultados y discusión

En esta sección se presenta los resultados con su respectivo análisis, el cual se desglosa de acuerdo a responder a la pregunta de investigación ¿El uso de las herramientas Web 3.0 ayudan en el proceso de aprendizaje colaborativo entre las Facultades de Contabilidad y Auditoría e Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial en los periodos académicos 2018 y 2019?.

3.1. Generalidades de los informes claves

Participaron 97 estudiantes de las diferentes carreras existentes en las facultades, de los cuales el 64% son del sexo masculino y 36% femenino.

De igual manera, colaboraron en este estudio 12 profesores de las carreras, de los cuales el 67% tienen el grado académico de Magister, el 25% el grado académico Doctor en Contabilidad y solo el 8% el grado académico de PhD, además el 64% de los profesores son por contrato de servicios profesionales y el 36% por nombramiento. Adicionalmente podemos mencionar que el 33% de los profesores son del sexo masculino y el 67% del sexo femenino. En cuanto a la experiencia de los docentes va entre uno y dieciocho años.

3.2. Competencias de las Web 3.0 que poseen los profesores y estudiantes en el proceso de aprendizaje colaborativo

Para abordar lo referente a la integración de las competencias de las herramientas Web 3.0 en el proceso de aprendizaje colaborativo, estas se encuentran vinculadas con las habilidades y conocimientos, creación y gestión de proyectos, mismas que permiten resolver problemas a través del uso de las redes de acceso global a la información. Según los criterios en relación a las competencias básicas se consultó a los profesores y estudiantes sobre los siguientes ítems:

Competencias Básicas en herramientas Web 3.0

La información que se muestra en la Figura 1 (encuesta a profesores) y Figura 2 (encuesta a estudiantes), refleja las competencias básicas en herramientas Web 3.0, específicamente en la razón y el motivo de uso de la Web 3.0 para el proceso de aprendizaje colaborativo.

Con respecto al uso de las herramientas Web 3.0 el 66.67% de los docentes y el 45% de los estudiantes las utiliza para fomentar el aprendizaje colaborativo, por su parte el 75% de los docentes y el 60% de los estudiantes las aplica para otras actividades que no tienen que ver con el aprendizaje colaborativo. También, el 83.33% de los docentes y el 75% de estudiantes utilizan la Web 3.0 para compartir información de manera global y finalmente el 83.33% de profesores y el 78% de estudiantes utilizan la Web 3.0 para mantener cierto grado de comunicación tanto entre estudiantes y/o profesores.

Por lo expuesto en las dos primeras figuras, tanto los profesores como los estudiantes están utilizando de una u otra manera herramientas Web 3.0 en el proceso de aprendizaje

colaborativo, sea directamente o inconscientemente, esto indica la necesidad de seguir preparándose para adquirir competencias básicas en herramientas Web 3.0 que permitan la construcción de los aprendizajes colaborativos desde otros escenarios que contribuyan a una mayor interacción (docentes-estudiantes, docentes-docentes, estudiantes-estudiantes) de manera adecuada y prolija.

Competencia de aplicación en herramientas Web 3.0

Dentro de las competencias de aplicación se aborda el uso de habilidades para crear y gestionar proyectos o actividades haciendo uso de las herramientas Web 3.0 lo que posibilita a docentes y estudiantes acceder a nuevos conocimientos y gestionar conocimientos existentes.

Analizando la información recolectada de docentes y estudiantes en las Figuras 3 y 4, señalan el 83.33% y el 45% respectivamente, que sí comunican información efectiva a través de herramientas Web 3.0, analizando más afondo los resultados totales del primer item podemos deducir que los docentes comunican de manera más efectiva la información a través de la Web 3.0.

En relación al segundo ítem sobre la creación de proyectos o trabajos haciendo uso de herramientas Web 3.0, el 50% de los docentes y el 60% de los estudiantes siempre crean proyectos o trabajos con el uso de las mismas. Por otra parte, el 20% de los docentes y el 42% de los estudiantes siempre participan en grupos para desarrollar proyectos, realizar tareas o solucionar problemas mediante recursos informáticos.

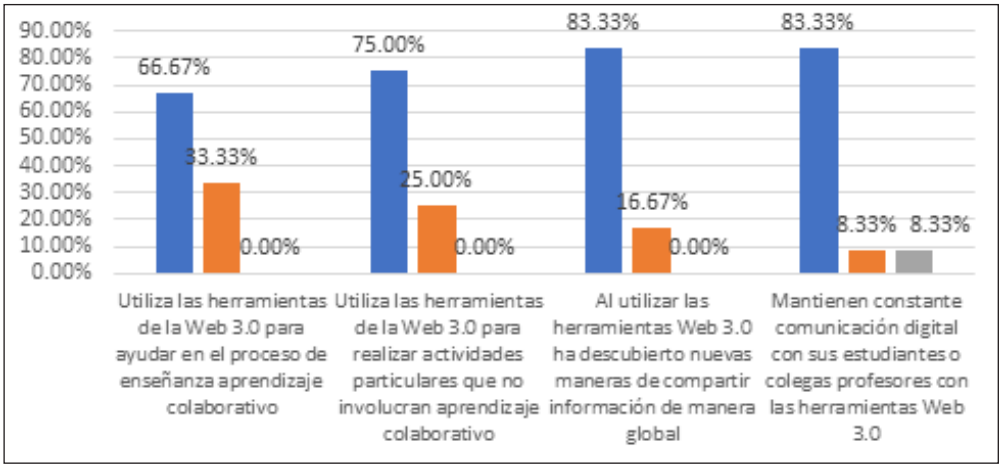


Figura 1 – Competencias básicas en herramientas Web 3.0 por docentes.

De la misma manera, el 83.33% de los docentes y el 75% de los estudiantes han encontrado solución a problemas con ayuda de la información compartida a través de las herramientas Web 3.0. Con este antecedente se puede decir que tanto docentes como estudiantes usan las herramientas Web 3.0 para comunicarse y compartir información que facilitan el aprendizaje colaborativo.

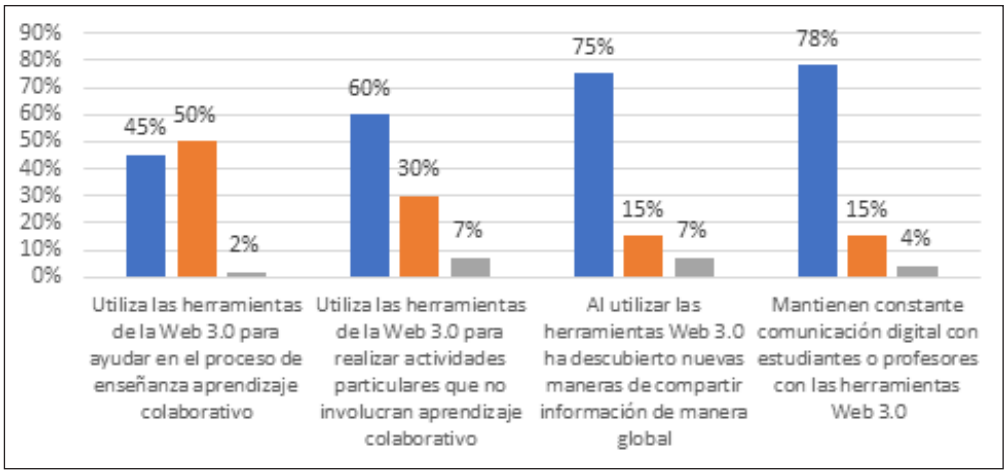


Figura 2 – Competencias básicas en herramientas Web 3.0 por estudiantes.

En cuanto al último ítem, el 66.67% de docentes utiliza herramientas Web 3.0 para investigar información para plantear problemas complejos y el 78% de estudiantes utiliza herramientas Web 3.0 para resolver y encontrar soluciones a problemas complejos.

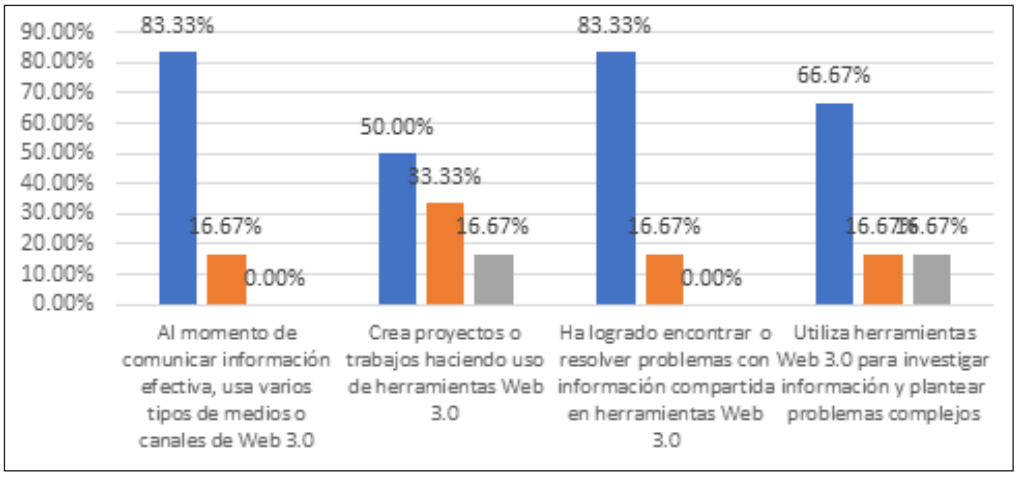


Figura 3 – Competencias de aplicación por los docentes

Además, existe un gran porcentaje de docentes y estudiantes que según los resultados han logrado obtener y compartir información, lo que ha facilitado la transmisión de conocimientos entre diferentes grupos académicos.

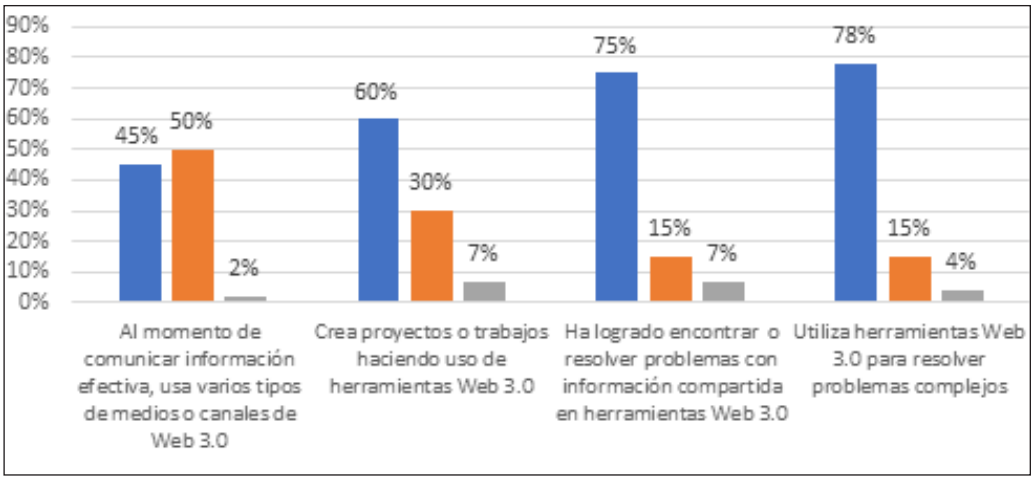


Figura 4 – Competencias de aplicación por los estudiantes

3.3. Uso y aplicación de las herramientas Web 3.0 en el proceso de aprendizaje colaborativo

El uso de las herramientas Web 3.0 proporciona tanto al profesor como los estudiantes unas útiles herramientas tecnológicas permitiendo no depender de una única fuente de conocimiento sino siendo actor de su propio aprendizaje y de compartir conocimientos con otros (Faraj, Jarvenpaa, & Majchrzak, 2011).

Los coordinadores de carrera de las facultades involucradas en el proyecto, sostienen que es importante el uso de las herramientas Web 3.0 por parte de los profesores, para mejorar la flexibilidad del proceso de aprendizaje colaborativo, y que a su concepto y validando los datos de las encuestas, ha ido incrementando; dejado de lado los métodos tradicionales como envío de correos o presentaciones en software como PDF, Word y Power Point. Por otra parte, se evidencia un grupo minúsculo tanto de profesores y estudiantes que se resisten al cambio tecnológico.

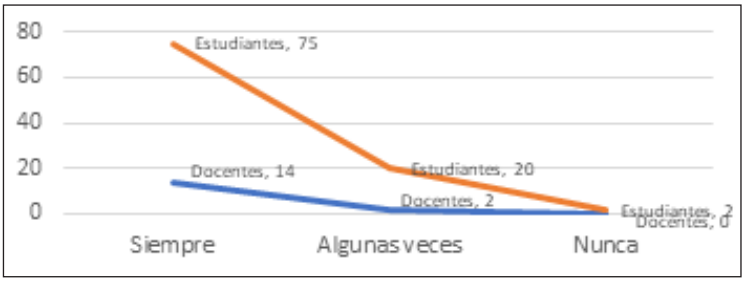


Figura 5 – Importancia de las herramientas Web 3.0 en la labor docente y actividades estudiantiles

Los coordinadores de carrera de las facultades parte del proyecto también señalan que los recursos tecnológicos aun no son los suficientes, pero que a la medida de las posibilidades son aprovechados por los docentes.

Como se muestra en la Figura 5, el 77% de los estudiantes y el 88% de los profesores señalan que es muy importante el uso de las herramientas Web 3.0 en el proceso de aprendizaje colaborativo, sin embargo, el 20% de los estudiantes y el 13% de los profesores consideran que solo en ciertas ocasiones es importante el uso de las herramientas Web 3.0 el proceso de aprendizaje colaborativo. Esto se debe a la implicación de varios factores como el avance constante avance en tecnologías y, por ende, a la actualización de procesos educativos.

En la Figura 6, este refleja que el 90% de los estudiantes y el 100% de los profesores consideran muy necesario aprender a utilizar las herramientas Web 3.0 para mejorar el proceso de aprendizaje colaborativo, no obstante, también es importante considerar que el 9% de los estudiantes expresan que es necesario solo algunas veces aprender a utilizar las herramientas Web 3.0 para mejorar el proceso de aprendizaje colaborativo.

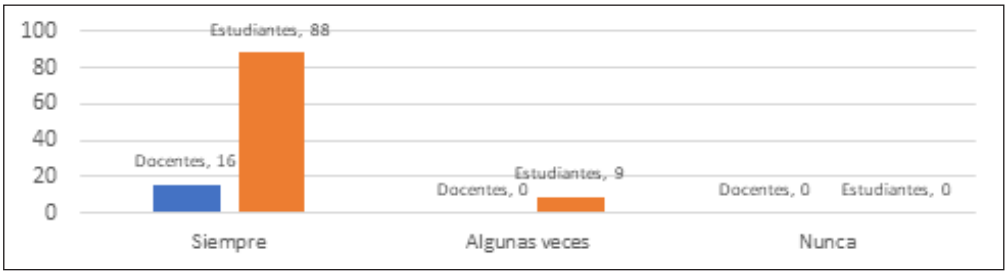


Figura 6 – Necesidad de aprender a utilizar herramientas Web 3.0 en el proceso de aprendizaje colaborativo

Los resultados anteriores también indican que cada día los docentes y estudiantes están tomando más interés en el uso de herramientas Web 3.0 para mejorar el proceso de aprendizaje colaborativo.



Figura 7 – Consideración sobre el uso de las herramientas Web 3.0 para mejorar habilidades en el aprendizaje colaborativo.

Al consultar sobre si el uso de las herramientas Web 3.0 han ayudado a mejorar habilidades para optimizar el aprendizaje colaborativo, en la Figura 7 encontramos que el 82% de los estudiantes y el 88% de los profesores está constantemente realizando actividades con herramientas Web 3.0 para mejorar el aprendizaje colaborativo, mientras tanto, el 17% de los estudiantes y el 12% de los profesores no usan tan frecuente estas herramientas pero tampoco niegan haberlas usado en algún momento, por lo que se ratifica que las herramientas Web 3.0 ayudan a mejorar los procesos del aprendizaje colaborativo.

Con los datos expuestos anteriormente se hace notorio que el uso de las herramientas Web 3.0 está siendo implementado y utilizado para el desarrollo de nuevas destrezas en el área académica dentro de Universidad Técnica de Ambato. Adicionalmente en la Figura 8 se muestra que el 88% de los docentes y el 82% de los estudiantes consideran que uso de herramientas de la Web 3.0 promueven el aprendizaje colaborativo de manera diferente al sistema tradicional ya que brinda mecanismos interactivos y ágiles para los usuarios.

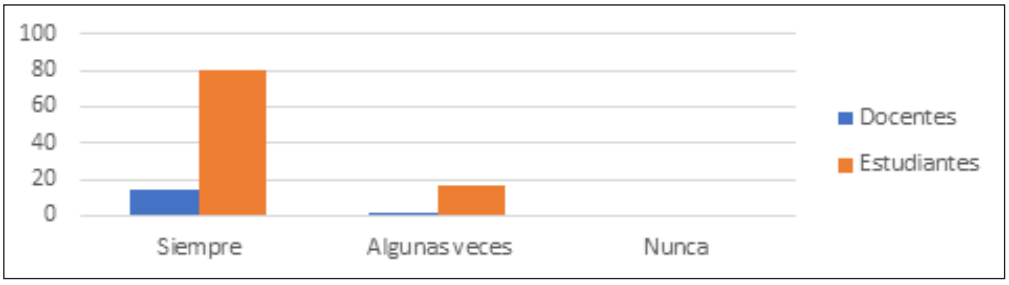


Figura 8 – Análisis sobre el uso de herramientas Web 3.0 y como promueven el aprendizaje colaborativo

3.4. Herramientas Web 3.0

En la actualidad las herramientas Web 3.0 están revolucionando el proceso de aprendizaje colaborativo, a través de hipertextos, ya que permiten al estudiante o docente construir un significado sobre alguna duda en la dirección que considere adecuada (Boluda & Fernández, 2013).

Entre las herramientas Web 3.0 más utilizadas tanto por estudiantes y docentes tenemos:

- Redes sociales, utilizada por el 91% de estudiantes y el 90% de profesores.
- Servicios de intercambio, utilizada por el 94% de estudiantes y el 98% de profesores.
- Mensajería, utilizada por el 100% de estudiantes y el 100% de profesores.
- Almacenamiento en la nube, utilizada por el 89% de estudiantes y el 95% de profesores.
- Streaming (Video y música), utilizada por el 70% de estudiantes y el 82% de profesores.

- Trabajo remoto o virtual, utilizada por el 61% de estudiantes y el 68% de profesores.

Las herramientas Web 3.0 utilizadas tanto por estudiantes como por docentes están contribuyendo al mejoramiento de la calidad educativa entre las Facultades, ya que estas incentivan a los estudiantes a que sean participes directos de su propio aprendizaje, así como eliminar el monólogo de fuente de conocimiento, es decir ya no depender solo del profesor como fuente de conocimiento.

El aprendizaje colaborativo solo puede darse en un entorno en el que los participantes se sientan libres para compartir ideas y experiencias en pos de crear un aprendizaje compartido. Las herramientas Web 3.0 brindan este entorno, ya que motivan a los debates constructivos (Hafkesbrink & Schroll, 2011).

Hay que mencionar, que la Universidad Técnica de Ambato, y sus diferentes Facultades están realizado numerosos esfuerzos para comenzar a equiparse con herramientas Web 3.0; sin embargo, los avances tecnológicos son cada día más crecientes, razón por la cual es un reto para la Universidad y sus Facultades el seguir mejorando en este sentido.

Por otra parte, los factores que han contribuido al proceso de aprendizaje colaborativo se pueden denominar factores internos y externos. Los factores internos son descritos como la parte medular para el uso y aplicación de las herramientas Web 3.0 en el proceso educativo. Se debe mencionar que los factores externos son descritos como condiciones que existen en el ambiente externo de la Universidad y que pueden afectar sus decisiones en cuanto a adopción de herramientas Web 3.0. Presentamos a continuación, algunos factores internos y externos tomados en cuenta para el análisis de la investigación:

- **Factores Internos:** (i) Infraestructura. (ii) Acondicionamiento de aulas, laboratorios de computación y (iii) Disponibilidad de hardware y software.
- **Factores Externos:** (i) Capacitaciones. (ii) Apoyo institucional. Y (iii) Apoyo de otras instituciones.

En cuanto a los factores internos y externos que han incidido positiva y negativamente para para la incorporación de las herramientas Web 3.0 en el proceso de aprendizaje colaborativo los coordinadores de carrera de las diferentes carreras señalan las siguientes:

- **Positivamente:** (i) Las herramientas web 3.0, se presentan como un atractivo y una innovación. (ii) Profesionalmente los docentes se perfeccionan en herramientas Web 3.0. (iii) Se tiene mayor contacto y empatía con los estudiantes. (iv) El fácil acceso a mucha información y la posibilidad de compartir conocimiento. e (v) Importancia del uso de herramientas Web 3.0 en ciertas asignaturas.
- **Negativamente:** (i) Distracción de los estudiantes con otro tipo de información. (ii) Distracción de los docentes con otro tipo de información. (iii) Dependencia del personal docente a la disponibilidad de las herramientas Web 3.0. (iv) Infraestructura no adecuada. Y (v) Un margen pequeño de docentes se resiste a la innovación metodológica.

En las Figuras 9 y 10, nos muestran los datos obtenidos de las encuestas aplicadas a profesores y estudiantes sobre los factores internos que inciden en el proceso

de aprendizaje colaborativo, donde se afirma que el 60% de profesores y el 49% de estudiantes de las facultades consideran que la universidad cuenta con aulas e infraestructura adecuada para utilizar herramientas Web 3.0.

De la misma manera el 35% de los profesores y el 51% de los estudiantes consideran que la Universidad tiene poca infraestructura para el uso de las herramientas Web 3.0. También el 50% de los profesores y el 39% de los estudiantes consideran que hasta el momento si se ha utilizado adecuadamente las herramientas Web 3.0 en el proceso de aprendizaje colaborativo.

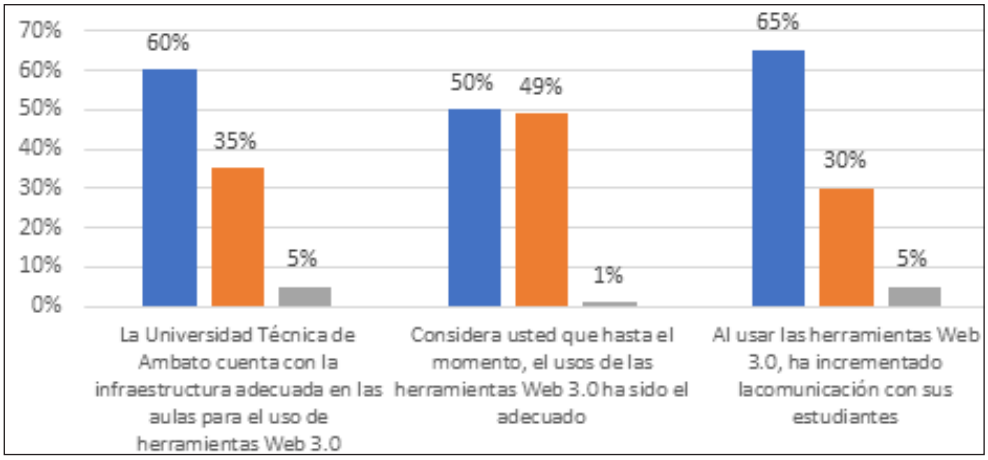


Figura 9 – Condiciones para el uso de las herramientas Web 3.0 desde el punto de vista del profesor (Factores internos)

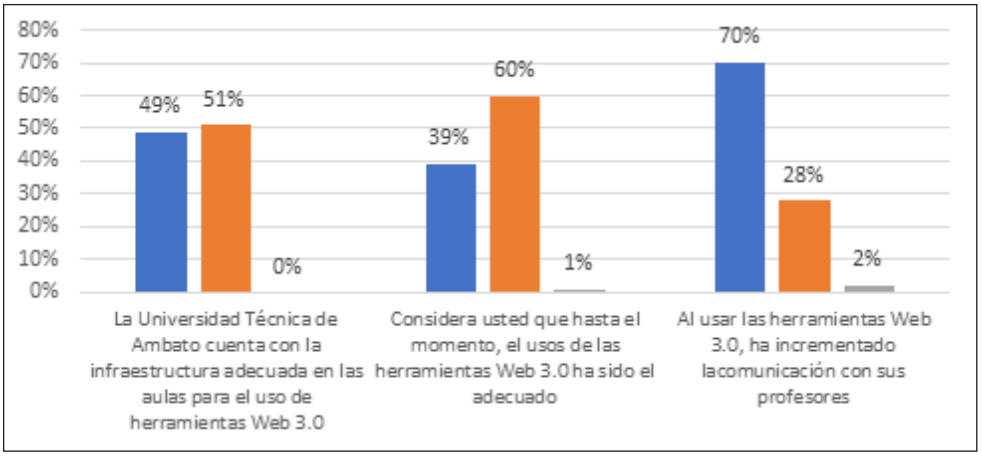


Figura 10 – Condiciones para el uso de las Herramientas Web 3.0 desde el punto de vista del estudiante (Factores internos)

Y finalmente, el 65% de los profesores y el 70% de los estudiantes consideran que la comunicación estudiante – profesor si ha mejorado con el uso de las herramientas Web 3.0.

Un buen porcentaje tanto de estudiantes como profesores consideran que la Universidad cuenta con infraestructura, pero uso no es el adecuado para fomentar el aprendizaje colaborativo. Siendo esto una gran limitante para mejorar el proceso y alcanzar objetivos institucionales y educativos.

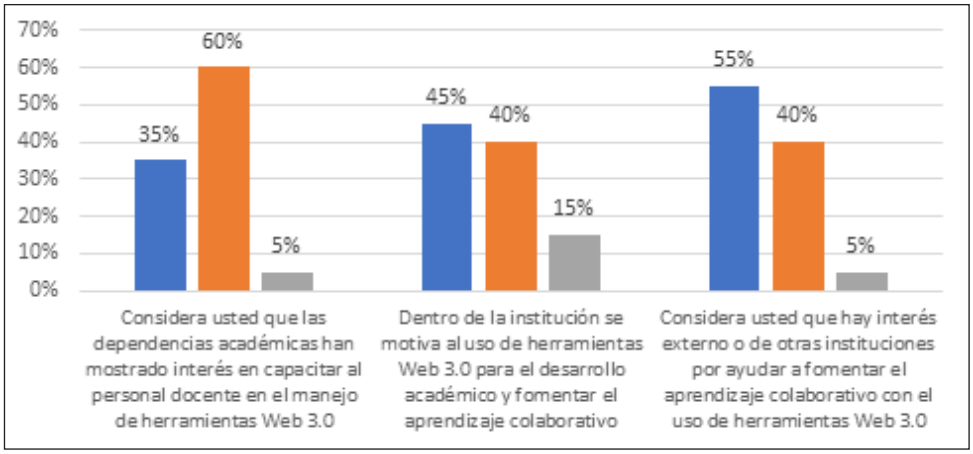


Figura 11 – Factores externos para el uso de herramientas Web 3.0 desde el punto de vista de los profesores

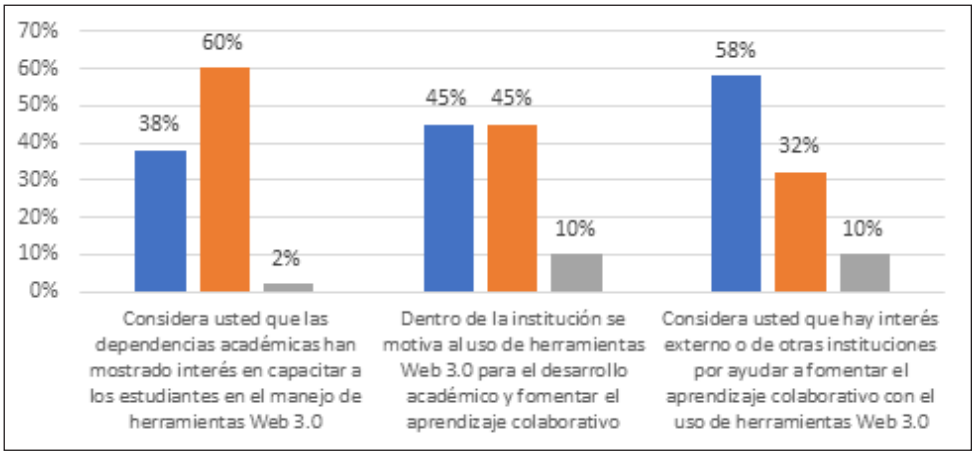


Figura 12 – Factores externos para el uso de herramientas Web 3.0 desde el punto de vista de los estudiantes.

En las Figuras 11 y 12 mostramos datos obtenidos de las encuestas en donde el 35% de profesores y el 38% de estudiantes consideran que en las facultades si muestran interés por capacitarles para el uso de herramientas Web 3.0, pero un dato preocupante es que el 60% tanto de estudiantes y profesores consideran que el interés es poco para capacitación, siendo esto un punto importante a corregir por parte de la universidad.

En cuanto a la motivación que debe existir por para de la Universidad para el uso de herramientas Web 3.0 y mejorar procesos académicos y por ende fomentar el aprendizaje colaborativo tenemos que el 45% de estudiantes y el 45% de profesores consideran que, si se incentivó para usar las mismas, de igual manera es un porcentaje mejor a la media por lo que este factor se debe mejorar en la institución.

Finalmente, en cuanto a si hay un interés por parte de otras instituciones como ministerios para que en la universidad se fomente el aprendizaje colaborativo con herramientas Web 3.0, el 55% de profesores y el 58% de estudiantes consideran que si han notado un incentivo o motivación para fomentar el uso y aprovecharlas para mejorar el aprendizaje colaborativo.

3.5. Estrategias para el uso de herramientas Web 3.0 para el mejoramiento en el proceso de aprendizaje colaborativo

Para la elaboración del plan de estrategias se parte del análisis FODA para la identificación de las buenas prácticas en el uso y aplicación de las herramientas Web 3.0 en el proceso de aprendizaje colaborativo. Se propone implementar las siguientes estrategias:

(i) **Primera estrategia:** Generar un plan de capacitación sobre la utilidad e innovación de usar las herramientas Web 3.0 en el proceso de aprendizaje colaborativo. (ii) **Segunda estrategia:** Mejora de infraestructura informática tanto de hardware y software. (iii) **Tercera estrategia:** Reforma de actividades del docente dentro y fuera del aula, dichas actividades tendrían que ser con la ayuda de herramientas Web 3.0. (iv) **Cuarta estrategia:** Campaña de socialización a los estudiantes sobre las bondades del uso de las herramientas Web 3.0 y como ayudaría a que se auto preparen sin dependencia de un docente.

4. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos, que dieron respuesta a la pregunta de investigación planteada, se puede deducir lo siguiente: los coordinadores de carrera, docentes y estudiantes consideran que el uso de las herramientas Web 3.0 son muy importantes para mejora el proceso de aprendizaje colaborativo. Muestran una predisposición para iniciar, continuar o mejorar el uso de las diferentes herramientas Web 3.0 que la universidad dispone, teniendo en cuenta las limitaciones existentes.

De igual manera, docentes y estudiantes se sienten más participativos en el proceso de aprendizaje colaborativo, se deja de lado el horario y el lugar (aula de clases) para transmitir conocimientos, y con las herramientas Web 3.0 se rompe estas limitantes ya que se puede compartir y adquirir conocimiento desde diferentes dispositivos electrónicos incluso móviles.

Con la evolución de las redes sociales crecen las comunidades sociales, enfocándolas al ámbito educativo comienzan a nacer las denominadas comunidades de conocimiento,

en donde cada integrante tiene la libertad de compartir conocimiento y así ayudar al aprendizaje colaborativo de los integrantes del grupo, originando la no dependencia de un solo capacitador. Aunque un punto importante a tomar en cuenta es analizar el contenido previo para evitar una mala información.

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 "Implementación de Arquitecturas para Fog Computing y su uso en entornos industriales"*

Referencias

Boluda, I. K., & Fernández, A. H. (2013). De la Web 2.0 a la Web 3.0: Antecedentes y consecuencias de la actitud e intención de uso de las redes sociales en la web semántica. *Universia Business Review*, (37), 104-119.

Diani, M. (2013). Networks and Social Movements. En D. A. Snow, D. Della Porta, B. Klandermans, & D. McAdam (Eds.), *The Wiley-Blackwell Encyclopedia of Social and Political Movements*. https://doi.org/10.1002/9780470674871.wbespm438

Egel, İ. P. (2009). Learner autonomy in the language classroom: From teacher dependency to learner independency. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *1*(1), 2023-2026. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.355

Faraj, S., Jarvenpaa, S. L., & Majchrzak, A. (2011). Knowledge Collaboration in Online Communities. *Organization Science*, *22*(5), 1224-1239. https://doi.org/10.1287/orsc.1100.0614

Hafkesbrink, J., & Schroll, M. (2011). Innovation 3.0: Embedding into community knowledge - collaborative organizational learning beyond open innovation. *Journal of Innovation Economics*, *7*(1), 55. https://doi.org/10.3917/jie.007.0055

Hussain, F. (2012). E-Learning 3.0= E-Learning 2.0+ Web 3.0?. *International Association for Development of the Information Society*, 8.

Lal, M. (2011). Web 3.0 in Education & Research. *BVICAM's International Journal of Information Technology*, *3*(2), 16-22.

Murphy, K. L., & Cifuentes, L. (2001). Using Web tools, collaborating, and learning online. *Distance Education*, *22*(2), 285-305. https://doi.org/10.1080/0158791010220207

Robin D. Morris. (2011). Web 3.0: Implications for Online Learning. *TechTrends*, *55*(1), 42-46. https://doi.org/10.1007/s11528-011-0469-9

Rudman, R., & Bruwer, R. (2016). Defining Web 3.0: Opportunities and challenges. *The Electronic Library*, *34*(1), 132-154. https://doi.org/10.1108/EL-08-2014-0140

Tuijnman, A., & Boström, A.-K. (2002). Changing Notions of Lifelong Education and Lifelong Learning. *International Review of Education/ Internationale Zeitschrift fr Erziehungswissenschaft/ Revue inter*, *48*(1/2), 93-110. https://doi.org/10.1023/A:1015601909731

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

Recebido/Submission: 04/12/2019
Aceitação/Acceptance: 16/02/2020

Definición de una metodología de adquisición de evidencias digitales basada en estándares internacionales

Luis Anderson Coronel-Rojas[1], Yesenia Areniz-Arévalo[1], Fabian Cuesta-Quintero[1], Dewar Rico-Bautista[1]

lacoronelr@ufpso.edu.co, yareniza@ufpso.edu.co, fcuestaq@ufpso.edu.co, dwricob@ufpso.edu.co

[1] Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Sede Algodonal Vía Acolsure, 546551, Ocaña, Colombia.

Pages: 266–282

Resumen: El objetivo de este documento es entregar una guía a los investigadores forenses en el momento de la ocurrencia de un crimen informático. De igual forma, que sirva como apoyo académico a estudiantes y personas interesadas en el tema de seguridad informática. El documento detalla las fases de una buena práctica para la identificación, recolección, análisis y realización de informes forenses. Se realizó un análisis de las normas y estándares internacionales existentes y relacionados con la adquisición de datos en medios digitales. Se genera una comparación con las normas y estándares identificados y analizados que permitió el desarrollo de la metodología propuesta.

Palabras-clave: Evidencia digital; Análisis forense; seguridad informática; metodologías; delito informático.

Definition of a digital evidence acquisition methodology based on international standards

Abstract: The purpose of this document is to provide guidance to forensic investigators at the time of the occurrence of a computer crime. Likewise, to serve as academic support to students and people interested in the subject of computer security. The document details the phases of a good practice for the identification, collection, analysis and realization of forensic reports. An analysis of existing international norms and standards related to data acquisition on digital media was carried out. A comparison with the norms and standards identified and analyzed was generated, which allowed the development of the proposed methodology.

Keywords: Digital evidence; Forensic analysis; computer security; methodologies; cybercrime.

1. Introducción

El proceso de adquisición de evidencias digitales debe ser legalmente aceptable, apoyándose en métodos científicos que permitan recolectar, analizar y validar las mismas, recurriendo entonces a la Informática Forense (Fennema et al., 2017). Por tal motivo, es importante saber que la Informática Forense es una disciplina que se desprende directamente de una serie de sucesos que han afectado a la sociedad globalizada e informatizada de fines del siglo XX y principios del XXI, en donde se observa el auge de una serie de delitos que están afectando diferentes áreas de la sociedad (Darahuge & Arellano González, 2011). En este contexto se propone para el desarrollo del TFM realizar una comparación y estudio de las diferentes normas y estándares internacionales de metodologías para la adquisición de evidencias digitales, y a partir de esto, construir una metodología clara y concisa que ayude a la recolección de evidencias digitales relevantes para llevar a cabo un análisis forense en cualquier organización (Dale & Meyer, 2006).

La informática forense es un área muy interesante debido a que, gracias a ella, a sus metodologías, estándares y normas se puede identificar lo que sucedió en un lugar determinado donde haya existido un crimen informático como por ejemplo en una organización, permitiendo recolectar, analizar, preservar y presentar las evidencias digitales necesarias que sirvan de prueba para demostrar lo acontecido en la escena del crimen. Actualmente existe en el mercado muchas herramientas como software y aplicaciones para la recolección de evidencias digitales en caliente o en frio, donde cada una de esas herramientas posee funciones y características muy relevantes que ayudan a la recolección de toda la evidencia digital de una manera eficiente y eficaz que puede llegar a determinar los causantes del crimen informático. Por tal motivo, el desarrollo de este trabajo buscó una comparación entre las diferentes metodologías de recolección de evidencia digital y con base en esto, proponer una metodología clara que contribuya con fases y pasos que se deben tener en cuenta en el momento de realizar una recolección de evidencia digitales, con el fin de determinar lo sucedido en la escena del crimen y por otro lado que esta investigación sirva de apoyo en la formación académica (Lobo-Parra et al., 2019; Rueda-Rueda et al., 2019; Rueda & Rico-Bautista, 2016).

Hoy en día se ha visto como las organizaciones han venido en total crecimiento en cuanto a las tecnologías de la información y comunicaciones (Arévalo Ascanio et al., 2015; Y. C. Medina-Cárdenas & Rico-Bautista, 2009, 2016; Y. Medina-Cárdenas & Rico-Bautista, 2008, 2012; Rico-Bautista et al., 2015), con el fin de agilizar los procesos y de mejorar el servicio que prestan a la ciudadanía, por tal motivo su información está expuesta a personal interno o externo que buscan por algún motivo robarla o destruirla por un fin particular o colectivo, por eso es importante salvaguardarla y evitar que esto suceda, es así que en la medida en que una organización aumente en la implementación de tecnologías de la información y comunicaciones (Rico-Bautista et al., 2019), aumentará también la cantidad de ciberataques que se pueden presentar. De acuerdo con (Diero, 2019), por lo menos cada 4 de 10 empresas de américa latina han sufrido ciber ataques en los últimos años. Esto demuestra que la mayoría de ataques que se han venido

presentando en los últimos años han sido provocados a organizaciones. Por lo anterior, se evidencia que muchas organizaciones han sufrido pérdida de información relevante y por eso se han venido desarrollando metodologías y aplicaciones que contribuyan al análisis, evaluación y descubrimiento de quién ha causado dicho delito. De igual manera, es fundamental comparar las diferentes normas y metodologías existentes para el análisis de las evidencias digitales con el fin de seguir construyendo nuevas metodologías más eficaces que ayuden a las organizaciones a identificar los delitos informáticos dentro de su organización. Hoy por hoy, muchos estudios demuestran que las organizaciones son atacadas a diario por delincuentes que sólo quieren llevarse su información con fines particulares o colectivos, por tal motivo es importante desarrollar o implementar metodologías que identifiquen los escenarios del crimen informático que se ha presentado en la organización. Es así que existen diferentes metodologías y estándares que orientan a los encargados del área de informática y conocedores del tema de evidencias digitales y análisis forense a implementarlas teniendo en cuenta cada una de las fases.

El resto del artículo está dividido cinco secciones. En la sección dos se presenta la revisión de la literatura. En la sección tres se presenta la metodología propuesta, la cual consta de siete fases. En la sección 4 se presentan las conclusiones y el trabajo futuro.

2. Revisión de la literatura

Es importante empezar por definir el concepto de ciencia forense, que de acuerdo con (Kent et al., 2006), es la aplicación de la ciencia al derecho. Mientras que la ciencia forense digital, también conocida como ciencia forense informática y de redes, tiene muchas definiciones. Por su parte, la computación forense es definida en el NIST (National Institute of Standards and Technology) (Kent et al., 2006), como la aplicación de la ciencia a la identificación, recopilación, examen y análisis de datos, al tiempo que se preserva la integridad de la información y se mantiene una estricta cadena de custodia de los datos (Ochoa Arévalo, 2018). En tal sentido, el análisis forense informático, se podría decir que es “la forma de aplicar los conceptos, estrategias y procedimientos de la criminalística a la tecnología digital, con el fin de apoyar a la justicia en su lucha contra la delincuencia y el crimen, o como recurso especializado en esclarecimiento de incidentes de seguridad informática” (López Delgado, 2007). Según (National Institute of Justice, 2001), la evidencia digital es información y datos de valor para una investigación que se almacena, recibe o transmite a través de un dispositivo electrónico. Estas pruebas se adquieren cuando se incautan datos o dispositivos electrónicos y se aseguran para su examen.

Es así que las pruebas digitales, están latentes, como las huellas dactilares o la evidencia de ADN, cruza las fronteras jurisdiccionales de forma rápida y fácil, se altera, daña o destruye fácilmente y puede ser sensible al tiempo. Todos estos conceptos han surgido a través de los tiempos y a la par con el avance de la tecnología en sí. Son términos similares en su definición, pero han sufrido cambios que tienen que ver con el contexto. Es evidente, que se trata de conceptos que tienen un fin común y es el de almacenar, examinar, analizar y proteger la información. El departamento de justicia de los Estados Unidos publicó la guía “Electronic Crime Scene Investigation: A Guide for First Responders, Second Edition”, la cual tiene como objeto asistir a los equipos de primera

respuesta los cuales son los responsables de la identificación, recopilación / adquisición y protección de la evidencia digital (Ochoa Arévalo, 2018). Esta guía cubre las fases de:

- Documentación de la escena: abarca las actividades de fijación fotográfica y etiquetado de la evidencia que permita recrear la escena posteriormente. La documentación debe incluir el tipo, localización, posición de los equipos, componentes, periféricos, etc.
- Recopilación de evidencia: de manera que se mantenga la integridad de la evidencia, el equipo de primera respuesta debe documentar todas las actividades en los computadores, periféricos, etc.; también proporciona guías para el tratamiento de los equipos cuando estos estén encendidos o apagados.
- Preservación de la evidencia: al ser la evidencia digital frágil por naturaleza, se requiere un proceso para el empaquetado que incluya elementos como documentado, etiquetado e inventario y uso de paquetes antiestáticos; en cuanto al transporte, considerar que la evidencia digital no debe ser expuesta a campos magnéticos y siempre hacer uso de la cadena de custodia de toda la evidencia trasportada.

Toda la evidencia digital es cualquier tipo de información que se puede obtener en el lugar del crimen que tenga valor probatorio almacenada o trasmitida de forma digital. La evidencia digital se puede clasificar en dos tipos: *Volátil*, hace referencia a información temporal, como la que reside en la memoria principal (RAM) y *No volátil*, hace referencia a memoria permanente tales como discos duros, usb's, cd's, etc.; esta información se mantiene cuando se apaga el equipo. De acuerdo con (Coronel Tapia, 2018), la ISO/IEC 27037, proporciona guías para actividades específicas en el manejo de evidencia digital, dichas actividades hacen referencia a la identificación, recolección, preservación de evidencia digital potencial. Además, provee guías para: Medios de almacenamiento usados en computadores estándares, dispositivos móviles, sistemas móviles de navegación, computadores estándares y conexiones de red y redes basadas en los protocolos TCP/IP y otros. El término evidencia digital de acuerdo con la ISO/IEC 27037 (2012), se conoce como "información o datos, almacenados o transmitidos de forma binaria que pueden ser tomados en cuenta como evidencia o prueba."

Así mismo, la ISO 27037:2012; guidelines for identification, collection, acquisition, and preservation of digital evidence (ISO, 2012). Define lo siguiente:

- Identificación. Involucra el reconocimiento y documentación de evidencia digital, se pone énfasis en la consideración del orden de volatilidad de manera que se proteja la evidencia.
- Recopilación de evidencia. Consiste en remover la evidencia de su origen a laboratorio o sitio seguro. Es importante considerar si el equipo se encuentra encendido o apagado, de manera que se tomen en consideración las actividades a ser ejecutadas y las herramientas a ser usadas.
- Adquisición. Es realizar una imagen (copia) de los dispositivos que mantienen evidencia digital, se establecen las actividades y herramientas de manera que el proceso sea lo menos intrusivo y finalmente se debe mantener la documentación completa.

- Preservación. Involucra la salvaguarda de la potencial evidencia digital, la preservación debe mantenerse durante todo el proceso. Uno de los componentes claves dentro del proceso es la cadena de custodia la cual inicia las actividades de adquisición y/o recopilación.

Por su parte, la ISO/IEC 27042, provee guías en el análisis y la interpretación de la evidencia digital, de forma que se logre garantizar o abordar cuestiones de continuidad, validez, reproductibilidad y repetitividad (Arévalo Ascanio et al., 2015; Y. Medina-Cárdenas et al., 2019). Contiene, además, buenas prácticas para la selección, diseño e implementación de un proceso analítico y recoge suficiente información que permita que dichos procesos puedan ser sometidos a escrutinios independientes cuando sea necesario. En resumen, este estándar provee un marco común, para lidiar con incidentes en sistemas de seguridad analizando e interpretando los elementos propios del incidente (IsecT Ltd, 2019). En ese mismo sentido, surgen la UNE 71505 y UNE 71506, estas normas publicadas por la Asociación Española de Normalización y Certificación tienen como finalidad dar una metodología para la preservación, adquisición, documentación, análisis y presentación de pruebas digitales. Según la asociación, esta norma debe dar respuesta a las infracciones legales e incidentes informáticos en las distintas empresas y entidades. Con la obtención de dichas pruebas digitales, que serán más robustas y fiables siguiendo la normativa, se podrá discernir si su causa tiene como origen un carácter intencional o negligente. Estas normativas son de aplicación a cualquier organización con independencia de su actividad o tamaño, así como a cualquier profesional competente en este ámbito. Se dirige especialmente a incidentes y seguridad, así como al personal técnico que trabaje en laboratorios o entornos de análisis forense de evidencias electrónicas. (Rivas, 2014)

La RFC 3227 (Brezinski, 2002), proporciona las directrices para la recopilación y almacenamiento de evidencia. Dentro de las fases y actividades más importantes se destacan:

- Recopilación de evidencia: se debe considerar listar los sistemas involucrados en el incidente de manera que se cuente con una perspectiva de cuál es la evidencia que debe ser recolectada. Así mismo, considerar elementos como: generar una imagen del sistema lo más precisa posible, documentar cada acción que se ejecute, considerar el orden de volatilidad en la adquisición, iniciar desde lo más volátil (registros y contendidos del cache) al menos volátil (documentos). También proporciona guías de situaciones que se deben evitar, como lo son: apagar el equipo, confiar en la información que proporcionan los comandos del sistema, etc.
- Preservación de evidencia: se pone especial énfasis en la cadena de custodia y el almacenamiento de información en dispositivos con seguridad demostrada y que permitan control de acceso. (Ochoa Arévalo, 2018)

Pedreros Martínez & Suárez Urrutia (2016), en su investigación explican el uso de las herramientas que utilizan los expertos forenses en materia digital para dar con los intrusos y poder conocer a ciencia cierta qué ataque fue cometido en el sistema de información y sus posibles consecuencias para aquellas personas o entidades que han sufrido ataques mal intencionados. Estas herramientas ayudan a priorizar y a realizar tareas, facilitan e identifican las causas que afectaron el sistema, igualmente se seguirán

desarrollando herramientas bastante sofisticadas que vayan en contra de los análisis forenses que intentan no dejar rastros, borrar u ocultar información esencial a la hora de llevar a cabo las tareas in situ por parte del perito o investigador, de tal manera que se dificulte o posibilite el vencimiento de términos en un determinado proceso ya sea este administrativo o judicial, se habla de esa fracción de tiempo de que dispone un fiscal para presentar dichas pruebas ante un juez que lleve el caso. Se puede evidenciar que hay un sinnúmero de guías, normas, estándares que buscan presentar directrices para llevar a cabo una adecuada identificación, recopilación, adquisición y preservación de evidencias digitales que garanticen un adecuado tratamiento a las mismas. Todas estas normas de respaldo internacional, con la experiencia de muchas organizaciones que han demostrado tener éxito en la aplicación de estas buenas prácticas.

A continuación, se presentan los estándares más representativos relacionados con la adquisición de evidencias digitales en un análisis forense:

ISO/IEC 27037:2012. Esta guía proporciona una serie de directrices que nos orientan en la identificación, recolección, adquisición y preservación de evidencias digitales potenciales localizadas en teléfonos móviles, tarjetas de memoria, dispositivos electrónicos personales, sistemas de navegación móvil, cámaras digitales y de video, redes TCP/IP, entre otros dispositivos, para que puedan ser utilizadas con valor probatorio y en el intercambio entre las diferentes jurisdicciones (ISO, 2012). A diferencia de la RFC 3227, la norma ISO/IEC 27037 hace referencia a componentes tecnológicos más avanzados y tiene esta característica en cuenta en el desarrollo de la misma (Navarro Clérigues, 2016), (Roatta et al., 2017).Este estándar internacional intenta proporcionar una directriz para aquellos individuos responsables de la identificación, recolección y preservación de potencial evidencia digital (Caballero Quezada, 2015),(Roatta et al., 2017). En la norma se presenta también el concepto de cadena de custodia, ver figura 1.

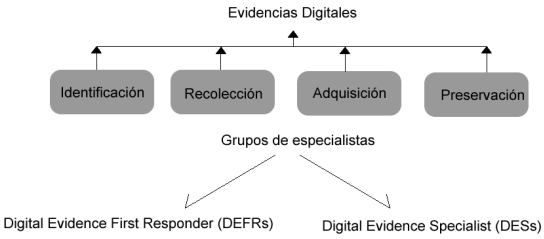


Figura 1 – ISO/IEC 27037:2012.

ISO/IEC 27042:2015. Guía para el análisis e interpretación de evidencia digital. Esta guía fue publicada en junio de 2015 y Proporciona orientación sobre el análisis e interpretación de la evidencia digital de una manera que aborda los problemas de continuidad, validez, reproducibilidad y repetibilidad. Encapsula las mejores prácticas para la selección, diseño e implementación de procesos analíticos y registra información suficiente para permitir que dichos procesos sean sometidos a un escrutinio independiente cuando sea necesario (ISO, 2015), (ISO, 2019), (Navarro Clérigues, 2016). Finalmente, recoge las competencias de los peritos forenses: formación, aprendizaje, habilidades, objetividad y ética profesional, ver figura 2.

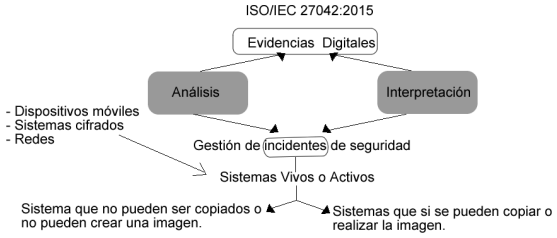


Figura 2 – ISO/IEC 27042:2015.

Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST). Esta metodología está enfocada especialmente a todo el análisis forense de las evidencias digitales, el objetivo relevante del análisis es el de obtener una mejor comprensión del caso a investigar, encontrando y analizando los hechos relacionados a este caso (Cajo et al., 2018). La NIST tiene como misión promover la innovación y competitividad industrial mediante la medición avanzada de la ciencia, estándares y tecnología, de forma que se mejore la seguridad económica y la calidad de vida. (Cruz Vela, 2016), ver figura 3.

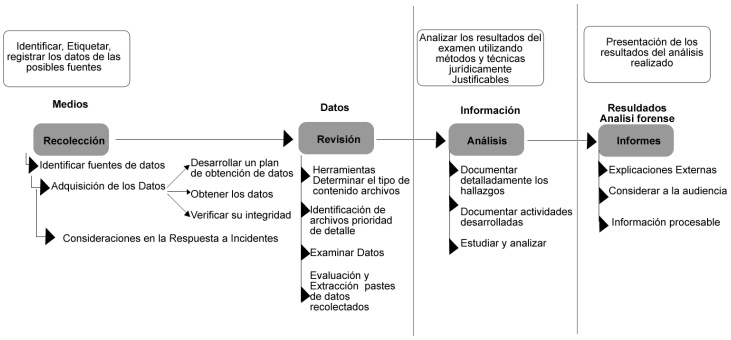


Figura 3 – Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST).

Departamento de Justicia de Estados Unidos. El departamento de justicia de los Estados Unidos publicó la guía "Electronic Crime Scene Investigation: A Guide for First Responders, Second Edition", la cual tiene como objeto asistir a los equipos de primera respuesta los cuales son los responsables de la identificación, recopilación / adquisición y protección de la evidencia digital (Ochoa Arévalo, 2018). Esta guía tiene por objeto ayudar a las fuerzas del orden estatales y locales y a otros equipos de respuesta rápida que pueden ser responsables de la preservación de la escena de un crimen electrónico y el reconocimiento, la recopilación y la salvaguardia de las pruebas digitales (National Institute of Justice, 2001). Las fases de la guía se observan en la figura 4 (Mera Mero & Benavides Córdova, 2018).

RFC 3227. La RFC (Request For Comments) 3227 es un documento que recoge las principales directrices para la recolección y el almacenamiento de evidencias digitales, constituyendo un verdadero estándar para la recopilación y almacenamiento de evidencias (Brezinski, 2002). Provee una guía de alto nivel para recolectar y archivar datos relacionados con intrusiones (Rico-Bautista et al., 2016). Muestra las mejores prácticas para determinar la volatilidad de los datos, decidir qué recolectar, desarrollar

la recolección y determinar cómo almacenar y documentar los datos (Veloza, 2017). En cuanto a los principios para la recolección de evidencias destacan básicamente tres, el orden de volatilidad de los datos, las acciones que deben evitarse y las consideraciones sobre la privacidad, así mismo sobre el procedimiento de almacenamiento tiene en cuenta la cadena de custodia de las pruebas recogidas anteriormente y dónde y cómo se deben almacenar estas para que estén a buen recaudo (Rivas, 2014), ver figura 5.

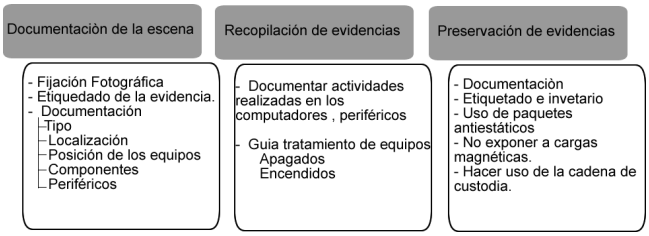


Figura 4 – Fases Guía para equipos de primera respuesta.

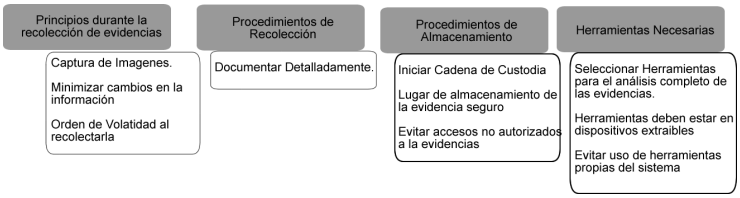


Figura 5 – Puntos de recolección de la información en la RFC 3227.

UNE 71506:2013. Según detalla la Asociación Española de Normalización y Certificación (2011) la UNE 71506:2013 fue elaborada por el comité técnico AEN/CTN 71 y consta de 23 páginas. Así mismo, la norma en referencia junto con la UNE 71505, son muy utilizadas por profesionales, organismos, fuerzas y cuerpos de seguridad del estado español; cuyo objetivo es obtener resultados válidos en un proceso forense. La figura 6 muestra las etapas compuesta por la metodología UNE 71506:2013. La UNE 71506:2013 es de aplicación a cualquier organización con independencia de su voluntad o tamaño, así como también como a cualquier profesional competente en éste ámbito (UNE 71506, 2013), (Cajo et al., 2018)

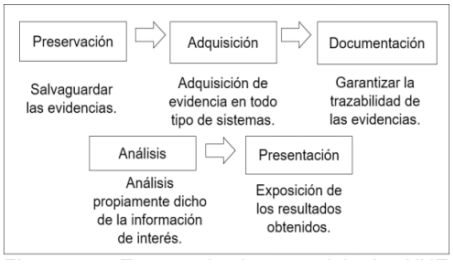


Figura 6 – UNE 71506:2013. Fuente: (Mera Mero & Benavides Córdova, 2018).

Como se puede observar en la tabla 1, cada metodología maneja diferentes fases para la adquisición de evidencias digitales, algunas influyen en todas las fases la identificación, recolección, análisis y presentación y otras incluyen más desglosado cada paso y con más fases para la adquisición de las evidencias digitales.

Metodología	Fases del Análisis Forense			
	Identificación	Recolección	Análisis	Presentación
Modelo de Casey (versión 2000)	⏻	⏻	⏻	
Modelo de Casey (Versión 2004)	⏻	⏻	⏻	⏻
Modelo publicado por el U.S. Dep. of Justice (2001)	⏻	⏻	⏻	⏻
Modelo publicado por el U.S. Dep. of Justice (2004)		⏻	⏻	⏻
Modelo de Reith, Carr y Gunsch (2002)		⏻	⏻	
Modelo de Lee	⏻	⏻		
Modelo mejorado propuesto por Venansius Baryamureeba y Florence Tushabe.	⏻	⏻	⏻	⏻
Modelo del DFRWS Forensics Digital Research WorkshoP. (2001)	⏻	⏻	⏻	⏻
Modelo integrado de Brian Carrier y Eugene Spafford.		⏻	⏻	⏻
Modelo Cohen (2009)	⏻	⏻	⏻	⏻
SANS Institute Information Security Reading Room	⏻	⏻	⏻	⏻

Tabla 1 – Comparativa de metodologías y sus fases

3. Metodología propuesta

La metodología propuesta está compuesta por siete fases, a saber: (i) Fase de Acordonamiento del lugar de los hechos; (ii) Fase de Identificación de evidencias; (iii)

Fase de Adquisición de evidencias; (iv) Fase de Preservación de evidencias; (v) Fase de Examen de evidencias; (vi) Fase de Análisis de las evidencias y (vii) Fase de Informes de Evidencias, como se muestra en la Figura 7.

Fase 1. Acordonamiento del lugar de los hechos. Una vez realizada la solicitud del análisis forense, el investigador debe conocer la situación en la que debe trabajar, para eso, es importante que se acordone o se asegure el lugar de los hechos, con el fin de evitar el ingreso de personal no autorizado y la modificación de la escena del crimen. Pasos:

- Se debe acordonar señalando que el lugar del crimen está siendo intervenido por personal especializado en el análisis forense.
- Identificar el incidente que ha sucedido.
- Realizar fotografías al lugar de los hechos, a las pantallas de los equipos de cómputos que se encuentren encendidos.
- Evaluar el entorno, es importante conocer que fue lo que pasó o se sospecha que ha pasado para poder identificar el alcance de la investigación y poder tener claro cuáles son las evidencias más relevantes que sirvan como pruebas para realizarles el análisis correspondiente.
- Escuchar a las personas víctimas o entrevistarnos con personal cercano, esto ayuda a obtener información que puede orientar el rumbo de la investigación.
- Documentar todo lo que suceda dentro de la escena del crimen, recuerde que puede modificarse dicha escena, desconectando la red de datos o apagando forzadamente el equipo de cómputo.

Fase 2. Identificación de evidencias. En esta fase es importante tener claro cuáles son las evidencias que se pueden recolectar en la siguiente fase. En la identificación de las evidencias se tiene:

- Identificar las posibles evidencias volátiles o no volátiles
- Documentos de textos electrónicos
- Archivos temporales de navegación
- Todos los registros de eventos del sistema operativo
- Archivos de imágenes o videos.
- Los ficheros de logs
- Pendrive, Unidades de dvd, Discos duros externos, Usb
- Listar los equipos se estén implicados en la escena del crimen.
- Listados de equipos que sin haber sufrido el incidente pueden estar relacionados con el mismo.
- Listado de las personas a que pertenezcan los equipos o que ingresen a la zona investigada.

Fase 3. Adquisición de evidencias. Antes de comenzar a la adquisición de las evidencias es fundamental que el investigador forense prepare todo lo relacionado con los procedimientos forenses y el manejo de las pruebas en el momento de adquirirlas, para eso debe tener claro y documentar todo el proceso de extracción de información, de almacenamiento y trasporte, además es necesario saber qué herramientas y equipos forenses debe utilizar. Por esto, se debe identificar e instalar en el equipo forense el hardware y software necesarios para la adquisición de evidencias con base

a las necesidades identificadas. Una vez preparado todo, dentro de la recolección de la información de las evidencias digitales, recuerde que se deben hacer en medios que aseguren la no modificación de las evidencias. Por este motivo, se recomienda que el dispositivo donde se realice la adquisición de las evidencias tenga instalado un bloqueador contra escritura para evitar la modificación. Una vez identificadas en la fase anterior las evidencias a recolectar, se debe tener en cuenta lo siguiente: las evidencias pueden ser recolectadas con el equipo encendido y/o apagado, para eso se debe seguir los siguientes pasos:

- Si el equipo no puede ser apagado recuerde que las evidencias deben ser tomadas en caliente, por lo que es importante la información volátil que tenga en esos momentos el equipo, Cache de la CPU, Tabla de enrutamiento, la cache ARP, lista de usuarios que iniciaron sesión, lista de procesos, memoria RAM, Archivos Temporales, los datos del disco duro, Datos Almacenados remotamente y datos almacenados en dispositivos removibles. Es indispensable tener en cuenta el orden de recolección de evidencia volátil.
- Evitar la utilización de herramientas ya instaladas en el equipo de cómputo, las herramientas deben estar corriendo en dispositivos externos.
- Seleccionar las herramientas relevantes para el análisis completo.
- En caso de que el equipo pueda ser apagado, antes de realizar ese procedimiento se debe identificar si el disco se encuentra encriptado o no, si está encriptado se deben tomar las evidencias en caliente.
- Si el equipo se puede apagar, se puede extraer el disco de almacenamiento.
- Si va a obtener información no volátil la puede recolectar de la siguiente manera: 1) puede hacer un clonado del disco duro, este clonado se hace en un disco externo que tenga la misma capacidad o mayor para evitar la pérdida de la información, recuerde que este clonado se realiza bit a bit del dispositivo físico del equipo que se encuentra en la escena del crimen al disco duro externo o pendrive. 2) El investigador forense también puede adquirir la evidencia como una imagen forense, que es la copia exacta de un dispositivo físico en otro dispositivo capaz de almacenar la imagen forense. Este dispositivo debe tener la misma capacidad o mayor en espacio de almacenamiento, para eso es importante utilizar herramientas que ayuden a crear una imagen forense, una vez realizado cualquiera de estas dos opciones es necesario para mantener la integridad de las evidencias, calcular el hash; es así que, con el hash del disco original y el hash de la copia, se certifica que los dos son idénticos ante un juez, demostrando que las evidencias no han sido manipuladas.
- Si la evidencia es no volátil se debe realizar el etiquetado (Tipo, fecha de recolección identificador)
- Documentar tipo de evidencia, localización de la evidencia y componentes, todo lo que suceda y la información que está siendo recolectada como evidencia digital.
- Una vez recolectada la evidencia esta debe ser trasportada a un lugar adecuado para que continúe con la fase de examen.

Fase 4. Preservación de evidencias. Para la preservación de la evidencia se debe tener en cuenta el buen manejo de la misma, ya que si se hace un mal procedimiento

puede ocurrir que se invalide toda la investigación, por no tener el cuidado y los soportes adecuados para la conservación de las evidencias. Por tal motivo es muy importante la cadena de custodia en esta fase, ya que permite realizar un procedimiento controlado y aplicable a las evidencias desde el momento en que son encontradas en la escena del crimen hasta su análisis en los laboratorios o en los equipos forenses que se estén utilizando en la investigación. Esta cadena de custodia debe garantizar la integridad, la autenticidad, la posibilidad de localización donde se encuentra la evidencia, la trazabilidad y por último garantizar la preservación a largo plazo, por tal motivo la cadena de custodia lo que busca es que se evite la manipulación de las evidencias y tener un control sobre todos los dispositivos o elementos obtenidos, es importante tener en cuenta lo siguiente:

- Inicio de la cadena de custodia
- Definir los métodos para garantizar la autenticidad e integridad de las evidencias recolectadas.
- Almacenamiento de la evidencia en dispositivos y lugares seguros.
- En el almacenamiento de la evidencia se debe tener claro la preservación de la integridad para mantener la cadena de custodia.
- Operaciones realizadas (Fecha, hora inicio/final).
- Registro de personas que realicen cualquier operación (fecha, hora de inicio, hora de finalización, nombre y apellidos de la persona que realizó la operación y operación realizada)
- Documentar actividades realizadas.

Fase 5. Examen de evidencias. Es esta fase es importante utilizar todas las herramientas necesarias para llevar a cabo el análisis forense y las técnicas adecuadas para examinar los datos recolectados en la fase anterior que fueron identificados como evidencias de pruebas para posterior análisis. En esta fase se busca de una manera profunda las evidencias relacionadas con el crimen. Todos los casos ocurridos siempre son diferentes, por tal motivo para cada caso el examen de las evidencias y los métodos utilizados pueden ser diferentes, el examen siempre que sea posible no se debe realizar a las evidencias originales si no a las copias siempre y cuando no hayan sufrido ninguna modificación alguna en su hash.

Fase 6. Análisis de las evidencias. En la fase de análisis se debe interpretar de una manera muy responsable y cuidadosa la información extraída en la escena del crimen y que ya lleva un proceso de identificación, adquisición, recolección, preservación y examen, por tal motivo se deben analizar y estudiar los datos relevantes que sirvan de prueba, identificando las personas, dispositivos, equipos, elementos y acontecimientos para comenzar a determinar las posibles causas del ¿Qué fue alterado? ¿Cómo lo alteraron? ¿Quién realizó la alteración? y quien cometió el crimen informático y de este modo comenzar a armar el rompecabezas que tengan relación con la escena del crimen.

Fase 7. Informes de Evidencias. La presentación del informe de las evidencias una vez recolectadas y analizadas se debe hacer ante las personas interesadas los resultados obtenidos. El informe es el proceso con el cual se finaliza el análisis forense y se da a conocer a los interesados, los resultados obtenidos, para eso es importante tener en cuenta:

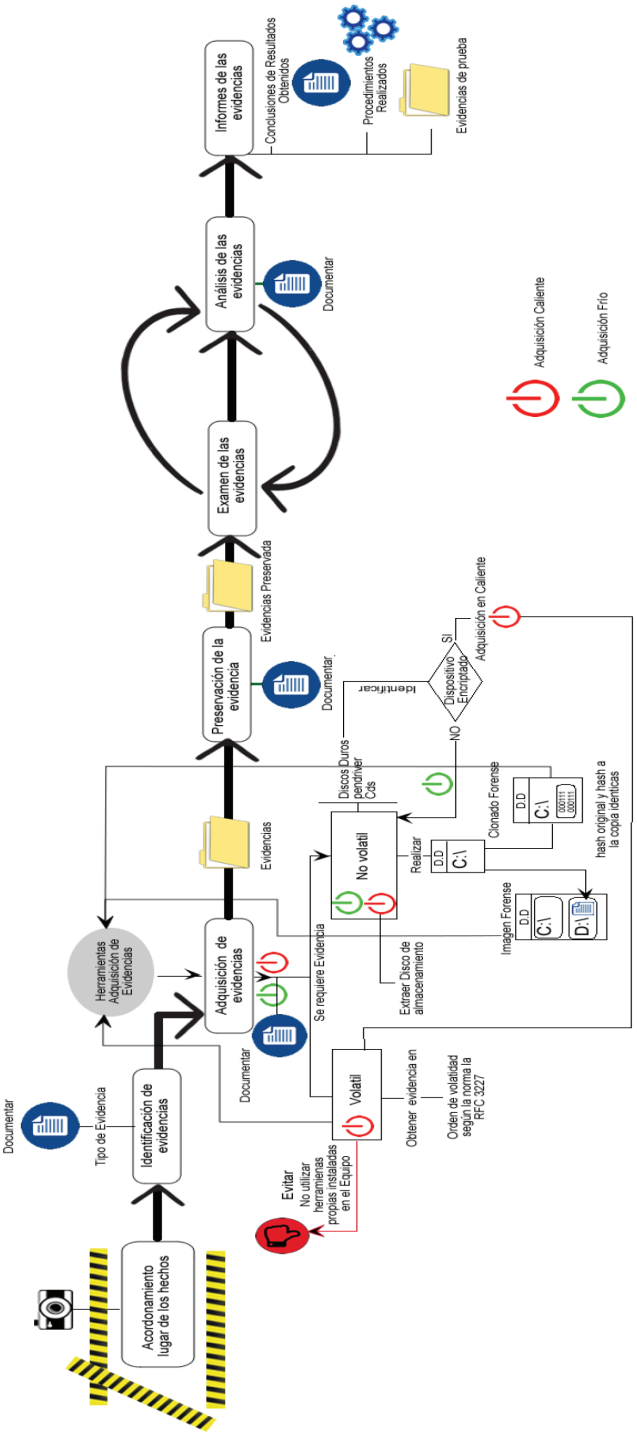


Figura 7 – Metodología Propuesta.

- La descripción del equipo informático o dispositivos tratados en el análisis
- Los procedimientos realizados por el investigador forense y los resultados obtenidos
- Las conclusiones del investigador forense a las cuales ha llegado con base a los resultados obtenidos.

Es muy importante antes de realizar el informe identificar al personal al cual va dirigido, debido a que muchas personas no tienen conocimientos muy técnicos y esto ocasionaría poco entendimiento del mismo. El informe debe estar soportado con el mayor número de evidencias, ya sean físicas o lógicas (fotografías, videos, cds, pendrive, discos duros externos, USB) y cualquier otra evidencia que no pueda ser presentada impresa, se debe tener el soporte y almacenada en un dispositivo electrónico.

Entrando en profundidad en el informe se debe resaltar que es un resumen muy bien explicado de todas las tareas que se llevaron a cabo con el fin de obtener los resultados necesarios que nos lleven a las causas, personas involucradas en el incidente o en la escena del crimen, recuerde que este informe es corto y deberá contener: Datos del investigador forense; Título del informe; Especificar el tipo de informe ejecutivo o técnico; Fecha del informe; Fecha de inicio y fecha de finalización del análisis forense; Una descripción clara de los procedimientos realizados en el análisis forense; Descripción de las evidencias obtenidas y analizadas; Herramientas utilizadas hardware y software; Metodologías usadas; Resultados y conclusiones; Recomendaciones de protección y prevención de nuevos incidentes.

4. Conclusiones

Dentro de las herramientas que manejan la filosofía del software libre encontramos una gama de posibilidades que nos posibilitan realizar un análisis forense en un entorno académico. Estás herramientas de fácil adquisición por su disponibilidad para su descarga y uso, su bajo costo es fundamentales en un entorno académico donde los recursos son limitados, donde el proceso se centra en la investigación y aprendizaje. Las guías con las que se dispone a nivel internacional se están quedando cortas debido al ritmo de avance que tienen los dispositivos móviles y la falta de actualización de las mismas por parte de las instituciones que las soportan.

Los modelos forenses estudiados están más orientados al proceso forense en general, a los equipos de cómputo tradicionales y a las redes de comunicación. No se encuentra muchos modelos que estén orientados a los dispositivos móviles. Muchas de estos modelos hacen suposiciones, como, por ejemplo, que el lector conoce el proceso de la cadena de custodia. Lo que dificulta la apropiación de estos criterios por parte de aquellas personas que quieren iniciar en el aprendizaje de esta rama del conocimiento.

Referencias

Arévalo Ascanio, J. G., Bayona Trillos, R. A., & Rico-Bautista, D. (2015). Implantación de un sistema de gestión de seguridad de información bajo la ISO 27001: análisis del riesgo de la información. *Revista Tecnura*, *19*(46), 123. https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.4.a10

Brezinski, K. (2002). *RFC 3227 Evidence Collection and Archiving*.

Caballero Quezada, A. E. (2015). *Introducción a ISO/IEC 27037:2012*.

Cajo, I. M. H., Pucuna, S. Y., Cajo, B. G. H., Coronado, V. M. O., & Orozco, F. V. S. (2018). Estudio Comparativo De Las Metodologías De Análisis Forense Informático Para La Examinación De Datos En Medios Digitales. *European Scientific Journal, ESJ*, *14*(18), 40. https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n18p40

Coronel Tapia, B. D. (2018). *Metodología para la recolección de evidencia forense generada durante la utilización de aplicaciones desplegadas en entornos web*. 141.

Cruz Vela, E. M. (2016). *Modelo Para El Análisis Y Gestión De Riesgos En Fases Carentes De Técnicas Y Herramientas: Caso Tratamiento De La Evidencia Digital En El Entorno Del Software Libre Utilizando Procesos Unificados*. 137.

Dale, D. B. Van, & Meyer, W. J. (2006). *"Estrategia de la investigación descriptiva" en Manual de técnica de la investigación*.

Darahuge, M. E., & Arellano González, L. E. (2011). *MANUAL DE INFORMÁTICA FORENSE* (Errepar).

Diero. (2019). *No Title*.

Fennema, M. C., Figueroa, L. M., Viaña, G., Lesca, N., & Lara, C. (2017). Tratamiento de Evidencias Digitales Forenses en Dispositivos Móviles. *XIX Workshop de Investigadores En Ciencias de La Computación*, 648–652.

IsecT Ltd. (2019). *ISO/IEC 27042 Information technology — Security techniques — Guidelines for the analysis and interpretation of digital evidence*.

ISO. (2012). *ISO / IEC 27037: 2012*.

ISO. (2015). *ISO/IEC 27042:2015 Information technology — Security techniques — Guidelines for the analysis and interpretation of digital evidence*. *1*, 14.

Kent, K., Chevalier, S., Grance, T., & Dang, H. (2006). Guide to Integrating Forensic Techniques into Incident Response. *The National Institute of Standards and Technology*.

Lobo-Parra, L. D., Rico-Bautista, D., Medina-Cárdenas, Y., & Sanchez-Ortiz, E. A. (2019). Defining of a practical methodology for the acquisition and analysis of digital evidence in the context of a research post mortem. *RISTI: Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de La Información*, *E18*, 369–384.

López Delgado, M. (2007). Análisis Forense Digital. *Journal of Chemical Information and Modeling*, *2*, 32. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Medina-Cárdenas, Y. C., & 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-Cárdenas, Y. C., & Rico-Bautista, D. (2016). Alineación estratégica bajo un enfoque organizacional de gestión tecnológica: ITIL & ISO 20000. *Revista Tecnura*, *20*(1), 82–94. https://doi.org/10.14483/22487638.11681

Medina-Cárdenas, Y., & Rico-Bautista, D. (2008). Model of Administration of Services for the Universidad of Pamplona: ITIL. *Scientia Et Technica Scientia et Technica Año XIV*.

Medina-Cárdenas, Y., & Rico-Bautista, D. (2012). Mejores prácticas de gestión para la calidad de los servicios en tecnologías de información. In *Gerencia Tecnológica Informática* (Vol. 11, Issue 29, pp. 47–58).

Medina-Cárdenas, Y., Rico-Bautista, D., & Arevalo-Ascanio, J. G. (2019). Impact of the implementation of ISO 9001 in the university: perception auditor and leader. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, *2019*(E19), 28–41.

Mera Mero, D. M., & Benavides Córdova, V. M. (2018). *Maestría En Auditoria De Tecnología*. 55.

National Institute of Justice. (2001). Electronic Crime Scene Investigation Guide: A Guide for First Responders. *United States Department of Justice Office of Justice*, 93.

Navarro Clérigues, J. (2016). *Guía actualizada para futuros peritos informáticos. Últimas herramientas de análisis forense digital. Caso práctico*. 148.

Ochoa Arévalo, P. A. (2018). El tratamiento de la evidencia digital, una guía para su adquisición y/o recopilación. *Revista Economía y Política*, *XIV*(28), 35–46. https://doi.org/10.25097/rep.n28.2018.03

Pedreros Martínez, W. L., & Suárez Urrutia, J. C. (2016). Herramientas aplicadas en el desarrollo del análisis forense informatico en colombia. *Universidad Militar Nueva Granada*, 71. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Rico-Bautista, D., Areniz Arévalo, Y., & Medina Cárdenas, Y. C. (2015). La apropiación del direccionamiento estratégico: Una cuestión de competencias organizacionales. *FACE: Revista de La Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales*, *15*(2), 71. https://doi.org/10.24054/01204211.v2.n2.2015.1617

Rico-Bautista, D., Guerrero, C. D., Medina-Cárdenas, Y., & García-Barreto, A. (2019). Analysis of the potential value of technology: Case of universidad francisco de paula santander Ocaña. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, *E17*, 756–774.

Rico-Bautista, D., Rojas-Osorio, J., & Medina-Cárdenas, Y. (2016). Pentesting empleando técnicas de ethical hacking en redes IPv6. *Revista Ingenio UFPSO*, *11*(1), 79–96.

Rivas, C. G. (2014). *Metodología para un análisis forense*. 1–69.

Roatta, S., Casco, M. E., & Fogliato, M. (2017). *El tratamiento de la evidencia digital y las normas ISO / IEC 27037 : 2012 Resumen Contexto Introducción*. *1*, 6.

Rueda-Rueda, J. S., Rico-Bautista, D., & Florez-Solano, E. (2019). Open Practice Guide for Digital Forensics on Android Devices. *RISTI (Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de La Información)*, *18*, 442–457.

Rueda, R. J. S., & Rico-Bautista, D. (2016). Defining of a practical model for digital forensic analysis on Android device using a methodology post-mortem. *2016 8th Euro American Conference on Telematics and Information Systems (EATIS)*, 1–5. https://doi.org/10.1109/EATIS.2016.7520109

Veloza, R. (2017). *Análisis forense de malware*. 1–75.

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

Recebido/Submission: 27/11/2019
Aceitação/Acceptance: 19/01/2020

Método de estimación de velocidades operacionales en el diseño de UAVs de ala fija para fotografía aérea

Alejandro Vintimilla[1], Paul Madera[2], Nilo Otero[3], Santiago Salinas[4], Mónica Duque[5], Christian Mullo[6]

alejo_vinti@hotmail.com, paulmadera7@gmail.com, nilotero@gmail.com, santiago.as34@gmail.com, mduque67@gmail.com, cristian_mullo@hotmail.com

[1, 2, 3, 4, 5, 6] Instituto Geográfico Militar, Quito, 170413, El Dorado, Ecuador.

Pages: 283–298

Resumen: En el diseño de aviones, es importante tener en cuenta como punto de partida las velocidades operacionales. Esto, define el diseño aerodinámico, estabilidad, control, consumo energético, autonomía, cargas y estructura. Esta investigación presenta un método de cálculo de velocidades operacionales para toma de fotografía aérea eficiente basado en: plan de vuelo, sensor, entorno de operación y normativa aeronáutica, partiendo del análisis de objetos a observar en fotografías, lo que define la resolución espacial y permite plantear la misión. Con estos datos, se realiza el plan de vuelo y se procede al análisis de velocidades en función del traslape y características del sensor, además, se aplica normativa de diseño de aeronaves no tripuladas, con el fin de mantener la seguridad operacional. Perturbaciones como el viento, influyen en la precisión de las fotografías, por lo que, además, se plantea un procedimiento de toma de decisión para realizar o no la fotografía.

Palabras-clave: UAV; fotogrametría; velocidades de operación; traslape; tiempo de obturación.

Operational speeds estimation method for fixed-wing UAVs design for aerial photography

Abstract: In airplanes design, it is important to consider operational speeds as a starting point. This defines the aerodynamic design, stability, control, energy consumption, autonomy, loads and structure. This research presents a method for calculating operational speeds for efficient aerial photography, based on; flight plan, sensor, operating environment and aeronautical regulations, starting from the analysis of objects to be observed in photographs, which defines the spatial resolution, and allows the mission to be designed. These data, allow us to define the flight plan and to proceed with the velocity analysis based on the photograph overlap and characteristics of the sensor, also, regulations for the design of unmanned aircraft are applied, to maintain safety. Disturbances such as wind influence the accuracy of photographs, so in order to take the photograph or not, a decision-making procedure is proposed.

Keywords: UAV; photogrammetry; operating speeds; overlap; shutter time.

1. Introducción

El desarrollo de una aeronave, es una actividad muy amplia y multidisciplinaria, que conlleva el manejo de muchas variables que al final del proceso de diseño, deben trabajar en armonía, en el caso del diseñador aeronáutico, éste, debe partir del estudio y análisis de la misión, para solventar las necesidades implícitas y acotar parámetros relevantes de diseño, como es el caso de las velocidades de operación de una aeronave para fotografía aérea.

En la búsqueda de investigaciones relacionadas a diseños de plataformas aéreas no tripuladas para la toma de fotografía aérea, se ha encontrado que la mayoría de diseñadores, usuarios, investigadores y entusiastas, no consideran datos técnicos como parámetros fotogramétricos del sensor abordo (Zhiyang, 2009), capacidad operacional de la plataforma aérea, o el entorno de operación, específicamente los vientos. Este divorcio entre la misión y el diseño aeronáutico, obliga a realizar repetidos intentos en las etapas de diseño, teniendo pérdidas de tiempo en el proceso y aumentando los costos en actividades relacionadas a diseño, reingeniería, manufactura y operación.

En el caso de la operación, el levantamiento de información se lo debe realizar en el campo, mientras que el procesamiento se lo efectúa en gabinete. Durante este último paso se pueden encontrar datos no válidos, errores en las fotos, lo que obligaría a volver a campo para hacer otro levantamiento generando pérdidas económicas y tiempo no contemplados dentro de la planificación de vuelo. Por otro lado, si hablamos de aplicativos militares, sobrevolar zonas de conflicto, implica riesgos para la aeronave y personal militar de reconocimiento, por lo que, además de obtener productos fotogramétricos que no cumplen con los requerimientos técnicos, se compromete la toma de decisiones en la misión.

Es importante mencionar que las fotografías aéreas son válidas cuando la calidad de la información obtenida es alta, ya que será usada para generar información de precisión, por lo que durante la operación, es importante asegurar la velocidad de vuelo y altura de la aeronave para obtener el traslape longitudinal requerido; parámetros necesarios para validar una metodología de estimación de velocidades de diseño que permitirá solventar la problemática relacionada con fotogrametría, analizada anteriormente.

Por lo tanto, a través del presente estudio, se plantea un método para estimar las "Velocidades de Operación para fotografía aérea" de una plataforma aérea no tripulada (UAV) de ala fija, en función del Plan de Vuelo o Misión, Sensor de Abordo, Entorno de Operación y Normativa Aeronáutica de Diseño Aplicable para una operación eficiente y segura.

Es necesario contar con una metodología de diseño de aeronaves no tripuladas, debido a que en la actualidad existe gran variedad de diseños de UAVs comerciales disponibles a la venta, los cuales se utilizan para la toma de fotografía aérea y aplicaciones de reconocimiento, y cuyas variantes operativas no siempre se adaptan a las necesidades del usuario. Por consiguiente, varias interrogantes pueden ser solventadas durante la fase inicial del diseño de una aeronave con la existencia de una metodología, como

por ejemplo: ¿Cómo se puede diseñar una aeronave compatible con la misión y un sensor específico?; ¿Cómo se relacionan las condiciones atmosféricas con la toma de información y el sensor aerotransportado? ¿Qué parámetros son los que influyen en la eficiencia de un sistema UAV para toma de fotografía aérea?

2. Análisis de misión

Objeto Mínimo Mapeable. Establece el tamaño del pixel en tierra (Ground Sample Distance, GSD) (López, 2013), lo que determina la altura de vuelo, según el tamaño de imagen en tierra y el ángulo de apertura longitudinal FOV del sensor (Cámara RGB, Sensor térmico, Multiespectral, Hiperespectral, etc.). Es el objeto más pequeño a identificar en el levantamiento fotogramétrico, y para establecerlo, se requiere conocer los objetos de interés y determinar sus longitudes de referencia.

Basados en el concepto del GSD y tomando en cuenta el objeto de este estudio, se muestra un ejemplo de interés en el tema de defensa respecto a cómo identificar en un área específica los senderos, personas, tanques de gas, pisadas (huellas), como se muestra en la Tabla 1.

Traslape. Es muy importante denotar que para alcanzar los niveles de confianza de la información a adquirir, se cumplan los traslapes longitudinal y transversal establecidos entre cuadros durante el levantamiento fotogramétrico. El porcentaje de traslape, dependerá del uso final de la información, cuyas aplicaciones podrían ser foto-identificación, mediciones geométricas, agricultura de precisión, levantamiento de recursos forestales, etc. El porcentaje de traslape permite determinar la velocidad longitudinal de captura de imágenes, tomando en cuenta los tiempos de obturación y el tamaño de la imagen en tierra.

Objeto de interés	Tamaño Promedio Longitud de referencia [cm]	GSD Requerido [cm]
Senderos - caminos (ancho)	50	16
Personas (ancho del cráneo)	16	5
Tanques de gas (diámetro)	32	11
Pisadas - huellas	9	3

Tabla 1 – Resolución especial según el objeto de interés.

3. Análisis del sensor a bordo

Es de vital importancia conocer los parámetros fotogramétricos del sensor a usar abordo del UAV, que para el presente caso son: ángulo de apertura longitudinal, ángulo de apertura transversal, número de pixeles longitudinal, número de pixeles transversal y tiempo mínimo entre fotos.

La Tabla 2 proporciona los datos fotogramétricos de la cámara SONY NEX 5T , que se necesitan conocer para proceder con el desarrollo de la metodología de diseño. Dichos datos limitarán la velocidad con la cual el avión debe desplazarse para el

óptimo levantamiento de información en campo; la velocidad estimada a partir de los parámetros del sensor, podrán ser usadas únicamente para el sensor analizado en el presente estudio, por lo tanto, la metodología para encontrar las velocidades de diseño de una plataforma aérea no tripulada debe adaptarse a varias condiciones de vuelo y entorno.

Parámetro	Valor [unidades]
Ángulo de apertura longitudinal	55.15 [°]
Ángulo de apertura transversal	83 [°]
Número de pixeles longitudinales	3264
Número de pixeles transversales	4912
Tiempo mínimo entre fotos	1 [s]

Tabla 2 – Parámetros fotogramétricos Cámara SONY NEX 5T.

4. Condiciones de entorno y normativa

No solamente las características del hardware del sensor afectan directamente la metodología que permitirá conocer las velocidades de diseño, sino también las condiciones geográficas y jurídicas del entorno en donde la aeronave opere. Por este motivo, se toman en cuenta las siguientes condicionantes: Cobertura de nubes, Geomorfología y obstáculos del terreno, y Normativa Aeronáutica.

Cobertura de nubes. El techo de nubes podría limitar la altura de vuelo en las zonas de interés donde se realizarán los levantamientos fotogramétricos, la captación de imágenes deberá ser por debajo de la cobertura de nubes con un margen de seguridad en altura.

Geomorfología y obstáculos del terreno. Obstáculos terrestres como árboles, obras civiles, elevaciones de terreno, montañas, etc., son factores importantes a tomar en cuenta antes de realizar un sobrevuelo de mapeo de la zona de interés, ya que podría existir una colisión de la aeronave con dichos obstáculos; un ajuste en la altura de vuelo previene la colisiones, pero además, implicaría cambios en la resolución espacial obtenida en las fotografías, si el tipo de sensor usado tiene ajuste focal, entonces podría ajustarse para mantener la resolución espacial deseada, pero cambiarían las condiciones fotogramétricas del sensor, afectando otros parámetros de vuelo que deben ser considerados.

Normativa aeronáutica. El diseño aerodinámico de una aeronave, ya sea tripulada o autónoma, está ligado al diseño estructural, y éste a su vez a la seguridad operacional. Como consecuencia, se requiere aplicar factores de carga cuando se realizan maniobras en las diferentes velocidades de operación. En este sentido, se toma como referencia el documento (Design Standards: Unmanned Aerial Vehicles – Aeroplanes) emitida por Autoridad de Seguridad de Aviación Civil de Australia (CASAA), cuyas especificaciones cubren los requerimientos de aeronavegabilidad y seguridad aeronáutica operacional, para el diseño de plataformas aéreas no tripuladas de ala fija. Se menciona este documento ya que durante el levantamiento del estado del arte no se ha encontrado

ninguna normativa que regule el diseño de UAVs de ala fija. Adicionalmente, según el requerimiento de carga límite "UA25.337 Limit Maneuvering Load Factor", para una condición de carga positiva, la aeronave deberá ser diseñada en los rangos que se indican en la Tabla 3.

Parámetro	Valor
Factor de carga de maniobra positivo (n1)	$2 \leq n_1 \leq 3.8$
Factor de carga de maniobra negativo (n2)	$n_2 \leq -1.5$
Factor de carga de maniobra positivo con flaps desplegados (n1flaps)	$n_{1flaps} \geq 2$

Tabla 3 – Consideraciones para la selección de factores de carga de maniobra.

En la Tabla 4, se muestran los factores de carga seleccionados, a partir de los cuales se podrá estimar la velocidad de pérdida positiva de la aeronave:

Parámetro	Valor
Factor de carga de maniobra positivo (n1)	3
Factor de carga de maniobra negativo (n2)	-1.5
Factor de carga de maniobra positiva con flaps desplegados (n1flaps)	2

Tabla 4 – Selección de Factores de carga de maniobra.

5. Estimación de velocidades de operación

5.1. Consideraciones para la estimación de velocidades de operación de la aeronave

Previo al cálculo de las velocidades de operación de la plataforma aérea, se deben realizar las siguientes consideraciones: tamaño de pixel en tierra (GSD), tamaño de imagen sobre el terreno (d_L x d_T), altura de vuelo respecto al terreno (h), distancia longitudinal entre fotos (d_F), traslape longitudinal (s_L) y transversal (s_L).

La dimensión de la foto en tierra se obtiene a partir de:

$$\text{Tamaño de imagen} = d_L \text{ x } d_T \quad (1)$$

Donde,

d_L = Tamaño longitudinal de la foto en tierra

d_t = Tamaño transversal de la foto en tierra

La dimensión longitudinal de la foto en tierra se obtiene a partir de:

$$d_L = GSD^* \# \text{ Pixeles Longitudinales Sensor} \tag{2}$$

Donde,

$GSD = \text{Tamaño de pixel en tierra}$

La dimensión transversal de la foto en tierra se obtiene de:

$$d_T = GSD^* \# \text{Pixeles Transversales Sensor} \tag{3}$$

La altura de vuelo se obtiene a partir de:

$$h = \frac{d_L}{2^* \tan\left(\frac{FOV_L}{2}\right)} \tag{4}$$

Donde,

$FOV_L = \text{Angulo de apertura focal longitudinal}$

El traslape longitudinal se obtiene de:

$$s_L = (\%L)^* d_L \tag{5}$$

Donde,

$s_L = \text{Traslape longitudinal}(\text{solape})$

El traslape transversal se obtiene de:

$$s_T = (\%T)^* d_T \tag{6}$$

Donde,

$s_T = \text{Traslape transversal}$

$\%T = \text{Porcentaje tamaño de imagen sobre el terreno}$

La distancia longitudinal entre fotos se obtiene a partir de:

$$d_f = d_L - s_L \tag{7}$$

Donde,

d_f = Distancia entre centros de fotos

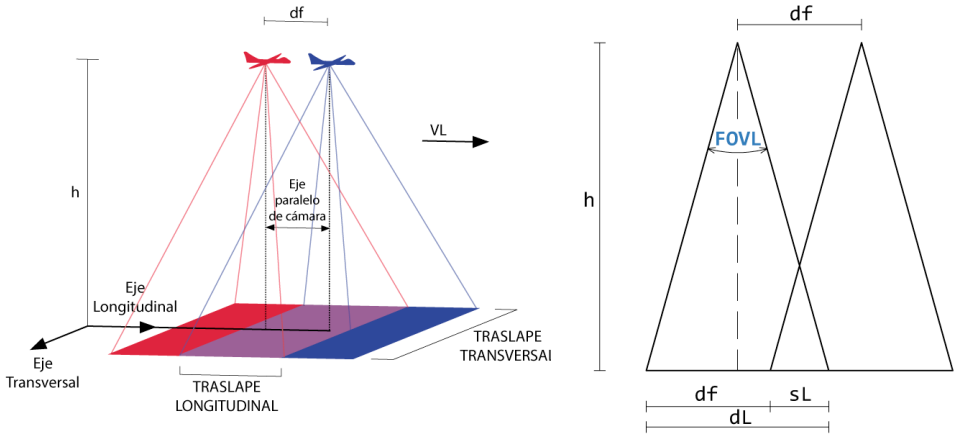


Figura 1 – Esquema geométrico de distancia longitudinal (dL) entre fotos.

5.2. Estimación de las velocidades de operación

La velocidad de vuelo máxima (V_{Lmax}) respecto al terreno, se la define como la velocidad máxima a la que podrá operar el sensor en vuelo según la dirección longitudinal de la imagen y la frecuencia máxima de obturación del sensor (t_{min}), V_{Lmax} deberá estar en función de la distancia entre centros de captura de fotos que se requiere para asegurar un traslape longitudinal establecido (d_f), y será también una función del tamaño de pixel en tierra deseado (GSD), V_{Lmax} se obtiene a partir de la ecuación:

$$V_{Lmax} = \frac{d_f}{t_{mín}} \tag{8}$$

Donde,

$t_{mín}$ = Tiempo mínimo entre fotos

Asimismo, la velocidad de vuelo mínima ($V_{Lmín}$) respecto al terreno, es aquella velocidad a la que podrá operar el sensor en vuelo según la dirección longitudinal de la imagen en la frecuencia mínima de obturación del sensor ($t_{máx}$), $V_{Lmín}$ se obtiene a partir de la ecuación:

$$V_{Lmín} = \frac{d_f}{t_{máx}} \tag{9}$$

Donde,

t_{max} = Tiempo máximo entre fotos

Conceptualmente, la velocidad de crucero de una aeronave, es la velocidad de vuelo óptima, en torno a la cual se diseña aerodinámicamente una aeronave y se alcanza usando la potencia nominal del sistema de propulsión, en este caso, si tomamos a V_{Lmax}, como la velocidad relativa al viento máxima de la aeronave, entonces podríamos estimar la potencia de empuje máxima requerida, de la que usaríamos el 75% para alcanzar la velocidad crucero, entonces:

$$Pot_{crucero} = 75\% * Pot_{máxima} \tag{10}$$

La potencia de empuje requerida Pot_i para una velocidad de vuelo V_i, se obtiene a partir de:

$$Pot_i = T_i * V_i = D_i * V_i \tag{11}$$

Donde,

Pot_i = Potencia de empuje requerida para una velocidad de vuelo V_i

T_i = Empuje requerido (Thrust)

D_i = Fuerza de arrastre de la aeronave (Drag)

V_i = Velocidad de vuelo

El Drag (D_i) de la aeronave para una velocidad V_i se obtiene a partir de:

$$D_i = \frac{1}{2} * \rho * V_i^2 * S_w * C_{Di} \tag{12}$$

Siendo,

ñ = Densidad del aire según altura de vuelo

S_w = Superficie del ala de la aeronave

C_{Di} = Coeficiente de drag para la condición de vuelo a velocidad V_i

Reemplazando (11) en (10) se tiene lo siguiente:

$$D_{crucero} * V_{crucero} = 75\% * D_{máx} * V_{máx} \tag{13}$$

Reemplazando (12) en (13):

$$\frac{1}{2} \rho * V_{crucero}^2 * S_w * C_{Dcrucero} * V_{crucero}$$

$$= 75\% * \frac{1}{2} \rho * V_{máx}^2 * S_w * C_{Dmáx} * V_{máx} \quad (14)$$

Despejando ($V_{crucero} * C_{Dcrucero}$) en función de $(V_{máx} * C_{Dmáx})$, se obtiene:

$$V_{crucero}^3 * C_{Dcrucero} = 75\% * V_{máx}^3 * C_{Dmáx} \quad (15)$$

A través de una analogía de órdenes de magnitud de los coeficientes de Drag para las condiciones de vuelo, se puede suponer lo siguiente:

$$C_{Dcrucero} \approx C_{Dmáx} \quad (16)$$

Reemplazando (16) en (15), se tiene:

$$V_{crucero}^3 = 75\% * V_{máx}^3 \quad (17)$$

Despejando la velocidad crucero de (17), se tiene como resultado:

$$V_{crucero} = \sqrt[3]{75\%} * V_{máx} \quad (18)$$

Por otro lado, la velocidad de maniobra es aquella en la que las superficies de control de una aeronave son efectivas y está por encima de la velocidad de pérdida (Stall), a partir de una analogía con la ecuación (9), velocidad longitudinal mínima, estrictamente obtenida a partir de datos fotogramétricos, será tomada como referencia para establecer la velocidad de maniobra. Esta cota de velocidades de operación brinda un límite inferior, para un diseño aerodinámico en base a un levantamiento fotogramétrico eficiente y una operación segura. Por lo tanto, esta velocidad es:

$$V_a = \frac{d_f}{t_{máx}} \quad (19)$$

Además, se tiene la velocidad de pérdida cuando existe desprendimiento de la capa límite laminar sobre el ala (o el perfil alar) en la condición de máximo ángulo de ataque. A dicha velocidad, el coeficiente de sustentación es máximo, y se lo puede apreciar en la Figura 2.

El diseño del ala de una aeronave depende de esta velocidad, ya que permite establecer la geometría de la planta alar (proyección del ala en el plano), y se deberá ajustar en función del estudio de los perfiles aerodinámicos de la misma. La velocidad de pérdida positiva, V_S^+ esta función del factor de carga y de la velocidad de maniobra, la cual se obtiene a partir de:

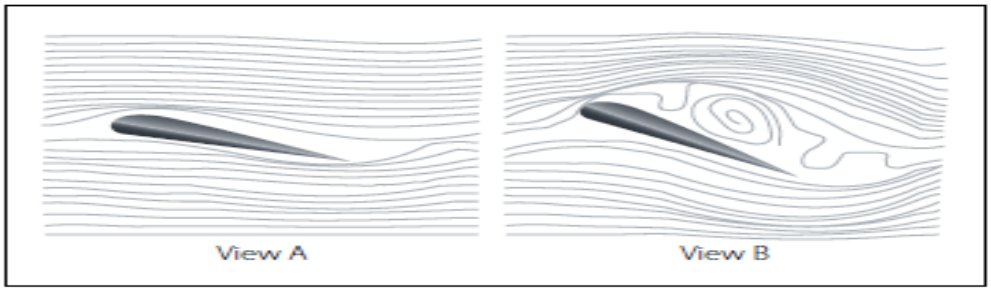


Figura 2 – Perfil alar en condición de bajo ángulo de ataque (A) y máximo ángulo de ataque o Stall (B). Fuente: https://www.flight-mechanic.com/boundary-layer-airflow/

$$V_a^+ = V_s^+ * \sqrt{n_1} \tag{20}$$

Despejando V_s^+ en función de V_a^+ y n_1, se obtiene la ecuación:

$$V_s^+ = \frac{V_a^+}{\sqrt{n_1}} \tag{21}$$

Se concluye que, a partir de estas ecuaciones se pueden estimar las velocidades operacionales ($V_{máx}$, V_c, V_a, V_s) para el diseño aerodinámico de una aeronave.

De manera análoga, las condiciones atmosféricas de vuelo limitan las prestaciones y rendimiento del levantamiento fotogramétrico, siendo el viento un factor importante a tomar en cuenta cuando se requiere asegurar un solape longitudinal entre cuadros fotográficos. Este, puede aportar de forma positiva o negativa dependiendo de la dirección del mismo, ya que la velocidad longitudinal respecto al terreno V_L, es igual a la suma de velocidad de la aeronave relativa al viento $V_{relativa_{viento}}$, más la velocidad del viento, V_{viento}. El movimiento de ladeo provocado por el viento lateral es un factor importante, el cual se soluciona haciendo vuelos a favor o en contra del viento incidente. Ver figura 3.



Figura 3 – Condición de viento a favor (B) y viento en contra(A).

Por lo tanto:

$$V_L = V_{relativa_{viento}} \pm V_{viento} \quad (22)$$

De donde se entiende que, con viento en contra, y velocidad de viento relativa constante, las velocidades se restan, dando como resultado un retraso en la toma de fotografías durante el vuelo, con la posibilidad de realizar una toma de fotografía en el punto deseado, pero incrementando los tiempos de captura, lo que retrasaría el vuelo planificado, disminuyendo el rango de vuelo (distancia de vuelo) de la aeronave.

$$V_L = V_{relativa_{viento}} - V_{viento} \quad (23)$$

También se debe considerar que con viento a favor, y velocidad relativa al viento constante, la velocidad respecto al terreno se incrementa, lo cual puede mejorar las condiciones en cuanto a tiempos de captura, pero comprometen la toma de fotos en los puntos planificados, lo que podría ocasionar que no se alcance el traslape requerido, dando como resultado un menor porcentaje de traslape longitudinal entre fotos, entonces:

$$V_L = V_{relativa_{viento}} + V_{viento} \quad (24)$$

Por lo tanto, para cumplir con el traslape requerido, la velocidad de traslado longitudinal V_L, deberá cumplir con la siguiente condición:

$$V_{Lmax} \geq V_L \geq V_{Lmín} \quad (25)$$

Reemplazando se tiene:

$$V_{Lmax} \geq V_{relativa_{viento}} \pm V_{viento} \geq V_{Lmín} \quad (26)$$

Si la velocidad relativa al viento de la aeronave $V_{relativa_{viento}}$, es la óptima o de crucero, $V_{crucero}$, entonces tenemos:

$$V_{Lmax} \geq V_{crucero} \pm V_{viento} \geq V_{Lmín} \quad (27)$$

6. Resultados y discusión

Experimento 1. Como ejemplo, se plantean dos valores de resolución espacial, GSD_1=4 [cm] y GSD_2=10 [cm], para la estimación de velocidades de operación para una aeronave no tripulada de ala fija, una condición de viento moderado de 5 [m/s], usando el sensor RGB Sony Nex5T 16 [mm], con una programación en modo sport y un traslape deseado, S_L = 80%.

Teniendo los datos de entrada y el procedimiento antes descrito, se procede a la estimación de las velocidades de operación, obteniéndose los resultados presentados en la Tabla 5.

De los resultados obtenidos, se puede denotar una diferencia considerable en las dimensiones de los parámetros fotogramétricos obtenidos a partir de GSD_1 =4 [cm] y GSD_2=10 [cm], lo cual incide de forma directa en el rango de velocidades de operación admisibles, en donde se aprecia una diferencia superior al doble en $V_{Lmáx}$ y $V_{Lmín}$, según el GSD usado.

Nótese, que las velocidades estimadas para operación de la aeronave, V_{max}, $V_{crucero}$, V_a y V_s, para cada GSD, muestran gran diferencia en sus magnitudes también, por lo que la aeronave tendría que operar en un rango de velocidades muy amplio para cubrir con ambos requerimientos. Esto en cuestiones de eficiencia operacional no es aplicable, ya que presenta un impacto directo en la performance aerodinámica, influyendo en el rendimiento energético.

En la práctica de diseño de una aeronave, los cambios de velocidad implican incrementos de consumo energético significativos, además, torna ineficiente a la aeronave en el contexto de la misión. Al cambiar las condiciones de operación, se entiende que es requerido utilizar una aeronave totalmente distinta para cada misión. Si estas diferencias operacionales se toman para el diseño aerodinámico de una aeronave, podría presentar diferencias a partir del criterio de selección de los perfiles aerodinámicos del ala, seguido por el diseño de la planta alar, superficies de control, influencia en la estabilidad, performance, sistema de propulsión, resistencia estructural, rango de vuelo, autonomía, etc., es decir, modificar la misión fotogramétrica de la aeronave, sugiere un cambio total de aeronave.

Por lo tanto, se concluye que con este método para estimar las velocidades operacionales de la aeronave en función del GSD, Sensor de abordo, y parámetros fotogramétricos, se pudo determinar las velocidades de diseño aerodinámico, y se establece que para los valores de GSD, es requerido el uso de dos aeronaves que se acoplen a cada condición de operación.

RESULTADOS OBTENIDOS			**OBSERVACIONES**
Vv [m/s]	5		Dato de entrada de Velocidad del viento
GSD [cm]	4,00	10,00	Dato de entrada de resolución espacial
dL [m]	130,56	326,40	Dimensión longitudinal de la foto en tierra
dT [m]	196,48	491,20	Dimensión transversal de la foto en tierra
h [m]	125,00	312,50	Altura de vuelo según el GSD
SL [m]	104,45	261,12	Dimensión de traslape longitudinal según GSD

RESULTADOS OBTENIDOS			OBSERVACIONES
df [m]	26,11	65,28	Distancia entre fotos según GSD
V_{Lmax} [m/s]	26,11	65,28	Estimación de la velocidad máxima admisible para asegurar el traslape requerido fotografía
$V_{Lmín}$ [m/s]	17,41	43,52	Estimación de la velocidad mínima admisible para asegurar el traslape requerido fotografía
V_{max} [m/s]	23,72	59,31	Estimación de la velocidad máxima de la aeronave
V_c [m/s]	23,72	59,31	Estimación de la velocidad crucero de la aeronave
Va [m/s]	17,41	43,52	Estimación de la velocidad de maniobra de la aeronave
Vs [m/s]	10,05	25,13	Estimación de la velocidad mínima de vuelo de la aeronave

Tabla 5 – Resultados fotogramétricos y velocidades de operación.

Experimento 2: Se plantea el siguiente ejemplo en base a los resultados numéricos obtenidos en el Experimento 1, para determinar en que condiciones de viento la aeronave puede realizar un levantamiento fotogramétrico y asegurar el traslape deseado (S_L = 80%).

Usando la ecuación (27), para el valor de viento en contra y a favor, en los casos GSD_1 y GSD_2, se obtuvieron los resultados de V_L, mostrados en la Tabla 6, donde se verifica si se cumplen las condiciones de $V_L < V_{Lmáx}$ y $V_L > V_{Lmín}$, en la captura de las imágenes.

Velocidad viento		5 [m/s]	V_L	$V_L < V_{Lmáx}$	$V_L > V_{Lmín}$	¿Se debe sobrevolar?
GSD_1	4 [cm]	$V_L = (V_c + V_v)_{Favor}$	28.72	NO	SI	NO
		$V_L = (V_c - V_v)_{Contra}$	18.72	SI	SI	SI
GSD_2	10 [cm]	$V_L = (V_c + V_v)_{Favor}$	64.31	SI	SI	SI
		$V_L = (V_c - V_v)_{Contra}$	54.31	SI	SI	SI

Tabla 6 – Verificación de velocidad longitudinal respecto al terreno considerando el viento.

En la Tabla 6 se analiza si la plataforma aérea debe realizar la toma de fotografías en el sentido a favor o en contra del viento de la trayectoria correspondiente, siendo esta una herramienta primordial de decisión para el agente responsable de llevar a cabo una misión de levantamiento de imágenes. En contraste con la Tabla 5, la Tabla 6 muestra los valores calculados de la velocidad longitudinal respecto al terreno V_L, incluyendo la incidencia de la velocidad del viento a favor y en contra. Ver figura 4.

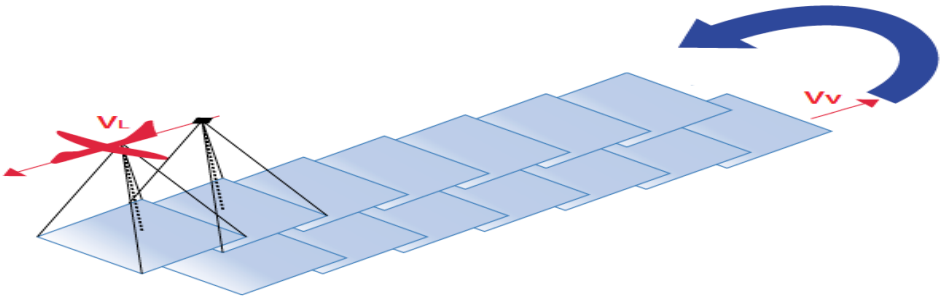


Figura 4 – Repetición de levantamiento fotogramétrico por viento a favor.

En el segundo ejemplo se puede apreciar que no se cumple la condición para la velocidad longitudinal V_L, con el GSD de 4 [cm] ya que, V_L = 28.72 [m/s] (Tabla 6) la cual es mayor a la velocidad máxima permitida para ese GSD V_{Lmax}= 26.11 [m/s] (Tabla 5).

Dado que las aeronaves no tripuladas poseen sistemas controladores como el piloto automático para la toma de fotografía aérea, mediante esta metodología planteada, se puede implementar algoritmos en su programación para la toma de decisión si se debe o no tomar la fotografía, con el objetivo de asegurar el traslape deseado del 80%, y en caso de no cumplir, realizar un sobrevuelo con viento en contra sobre la misma trayectoria.

En cambio, si el porcentaje de traslape longitudinal es mayor al 80 %, la redundancia de datos será alto, aumentando la ineficiencia en el proceso de fotogrametría, por lo tanto, en la programación del controlador se deberá implementar un algoritmo que permita la toma de fotografía a intervalos espaciales, asegurando el traslape deseado.

4. Conclusiones

Se estableció una metodología para el cálculo de velocidades de operación de una aeronave no tripulada de ala fija para la toma de fotografía aérea eficiente, basada en parámetros fotogramétricos, considerados en el plan de vuelo de una aeronave, sensor, entorno de operación y normativa aeronáutica de diseño aplicable.

En el experimento 1, relacionado a la resolución espacial de dos objetos de interés, GSD1=4cm y GSD2=10cm, se muestra como resultado grandes diferencias en las dimensiones del tamaño de fotografía en tierra, altura de vuelo y velocidades de operación máxima y mínima admisibles para una fotografía aérea de calidad, donde se concluye que, considerando que es relevante mantener una operación aérea eficiente y levantamiento fotogramétrico de calidad, para las resoluciones espaciales planteadas en este experimento, se debe utilizar una aeronave ajustada para cada GSD.

A partir del experimento 2 se comprobó que la velocidad del viento a favor puede influir de forma negativa en la toma de fotografía aérea dando como resultado un traslape

menor al 80% (menor al deseado), obteniéndose una calidad inferior en la información fotogramétrica adquirida.

Referencias

ASTM International. (15 de October de 2006). Standard Specification for Design and Performance of a Light Sport Airplane. Designation: F 2245 – 06 . West Conshohocken, United States.

Austin, R. (2010). Unmanned Aircraft - Uavs Design, Development And Deployment. Chippenham, Wiltshire, UK: John Wiley & Sons Ltd.

Centro de Geociencias Aplicadas. (2019). Principios de Fotogrametría. Resistencia, Provincia del Chaco, Argentina: Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste.

Dalamagkidis, K., Kimon P., V., & Piegl, L. A. (2012). On Integrating Unmanned Aircraft System into the National Airspace System. Dordrecht-Hidelberg-London-New York: Springer.

Roskam, J. (2018). Airplane Design. En Part I: Preliminary Sizing of Airplanes. Lawrence, Kansas: DAR Corporation.

Sony Corporation. (2013). Instruction Manual Snoy Nex 5t Interchangeable Lens Digital Camera. 4-469-371-11(1) . Thailand.

Valencia, L. V. (Dic.). Generación De Cartografía Básica A Detalle Mediante Una Metodología De Toma Con Aviones No Tripulados (UAV's). 2014 . Sangolquí, Pichincha, Ecuador: Escuela Politécnica de las Fuerzas Armadas.

Rocha, Á. (2012). Framework for a Global Quality Evaluation of a Website. *Online Information Review, 36*(3), 374-382. doi:10.1108/14684521211241404

Antunes, A. A. (2004). Sistemas XYZ. In Sousa A. J. (Ed.), *Tecnologias Internet*. Lisboa: Editora Xxxpto.

P. Poksawat, L. Wang, and A. Mohamed. (2016). Automatic tuning of attitude control system for fixed-wing unmanned aerial vehicles," IET Control Theory Appl., vol. 10, no. 17, pp. 2233–2242.

A. Mohamed, S. Watkins, A. Fisher, M. Marino, K. Massey, and R. Clothier. (2015). A feasibility study of bio inspired wing-surface pressure sensing for attitude control of micro aerial vehicles. J. Aircraft, vol. 52, no. 3, pp. 827–838.

Zhiyang L, Duan Y. (2009). A UAV remote sensing system: Design and Test. Remote Sensing Airborn Control Systems, vol 2.2.1, pp. 31.

Haarbrink R, Koes E. (2006). Helicopter UAV for Photogrammetry and Rapid Response. Remote Sensing and Spatial Information Science, vol 36, pp. 44.

López A. (2013). Fundamentos de Evaluación de la Calidad de la Información Geográfica. Universidad de Jaén. Linares. Referencia aportes Mónica

Buill F, Prades A. (2014). Fotogrametría usando plataforma aérea UAV. Ingeniería Técnica en Topografía. Universidad Politécnica de Catalumya.

Sani J. (2015). Vehículos aéreos no tripulados UAV para la elaboración de cartografía escalas grandes referidas al marco de referencia SIRGAS-ECUADOR. Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente. Universidad de las Fuerzas Armadas UFA.

Morán C. (2016). El drone del Instituto Geográfico Militar, uso específico y su operación en áreas estratégicas requeridas por diferentes organizaciones. Departamento de Ingeniería Comercial. Universidad de las Fuerzas Armadas

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

Recebido/Submission: 19/12/2019
Aceitação/Acceptance: 14/02/2020

Sistema de filtragem digital reconfigurável baseado em FPGA para aplicação em rádio definido por software

Lincoln Alexandre Paz Silva, Francisco de Assis Brito Filho

lincoln.silva@ufersa.edu.br, francisco.brito@ufersa.edu.br

Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Av. Universitária Leto Fernandes, S/N, Sítio Esperança II, 59780-000, Caraúbas – RN, Brasil

Pages: 299–311

Resumo: Um sistema de rádio definido por software é uma das principais tecnologias aplicadas à sistemas de comunicação em rádio-frequência e que é utilizada como sistema de rádio tático-operacional utilizado pelos agentes de defesa de um país em situações de guerra ou conflito armado. Dentre os blocos que compõem um SDR, os filtros digitais executam um importante papel, pois trabalham na seleção de canais e remoção de ruídos, a fim de que os dados possam ser processados de forma adequada. Esse artigo propõe uma arquitetura de filtragem digital para aplicação em sistemas de SDR, utilizando um filtro de resposta finita ao impulso desenvolvido em VHDL e embarcado em um FPGA Cyclone IV EP4CE22F17C6N da Altera®. A arquitetura proposta é capaz de operar à máxima taxa de frequência de 21,94 MHz, consome cerca 107,05 mW e faz uso de 6.746 elementos lógicos (LEs), representando cerca de 30% da capacidade máxima do chip.

Palavras-chave: Comunicações sem-fio; processamento digital de sinais; reconfigurabilidade.

An FPGA-based reconfigurable FIR filter for SDR applications

Abstract: A software-defined radio system is one of the key technologies applied to radio frequency communication systems which is used as Joint Tactical Radio System used by a country's warfighters in situations of war or armed conflict. Among the blocks that make up a software-defined radio, digital filters play an important role as they work in channel selection and noise removal so that data can be processed properly. This paper proposes a digital filtering architecture for application in SDR systems using a VHDL-developed finite impulse response filter embedded in an Altera® Cyclone IV EP4CE22F17C6N FPGA. The proposed architecture is capable of operating at a maximum frequency rate of 21.94 MHz, consumes about 107.05 mW and uses 6,746 logic elements (LEs), representing about 30% of the maximum chip capacity.

Keywords: Digital signal processing; wireless communication; reconfigurability.

1. Introdução

Em áreas de conflito armado ou guerra, o espectro eletromagnético encontra-se "inundado" por sinais operando nos mais diversos padrões de comunicação sem-fio, cada um com suas características bem definidas (frequência, potência do sinal, segurança, modulação, etc.), mas todos com o objetivo de prover comunicação segura e de qualidade aos agentes envolvidos na ação. Daí a necessidade de desenvolver sistemas de rádios tático-militares mais flexíveis e robustos, que possibilitem a intercomunicação entre os diversos agentes presentes na área de conflito, sejam navios, aviões, tanques ou combatentes, independentemente do padrão de comunicação (Barfoot, 2008).

As arquiteturas tradicionais de sistemas de rádio-frequência (RF), puramente baseadas em *hardware*, dificultam a concepção de sistemas dinâmicos e adaptáveis, uma vez que, caso haja necessidade de operação em um padrão de comunicação diferente do projetado inicialmente, ou haja necessidade de operar mais de um padrão de comunicação sem-fio em um mesmo dispositivo, é necessário fazer uso de equipamentos diferentes para cada um dos padrões de comunicação envolvidos, tornando o processo de atualização muitas vezes dispendioso ou até impraticável a depender da aplicação (Sadiku & Akujuobi, 2004).

Frente ao desenvolvimento tecnológico e visando portabilidade e alta capacidade de comunicação, os JTRS (do inglês, *Joint Tactical Radio System*), surgiram como principais substitutos das tradicionais arquiteturas de rádio tático-militares, objetivando a integração de diversos serviços de comunicação em um único dispositivo através do conceito de rádio definido por software ou SDR (do inglês, *Software Defined Radio*) (Mitola, 2000). O SDR é uma das principais e mais recentes tecnologias aplicadas ao desenvolvimento de sistemas de comunicação sem-fio e surgiu como uma importante alternativa na concepção de sistemas de RF (Mitola, 1993). Um SDR pode operar como receptor, transmissor ou transceptor digital e visa flexibilizar os tradicionais sistemas de RF através do uso de *software* embarcado em *hardware* reconfigurável (Sadiku & Akujuobi, 2004). O FPGA (do inglês, Field-Programmable Gate Array) é um exemplo de *hardware* reconfigurável que vem sendo amplamente utilizado para embarcar sistemas desse tipo (Cummings, M., Haruyama, S., 1999), pois permite o desenvolvimento de circuitos digitais utilizando uma linguagem de descrição de *hardware*, como o VHDL, por exemplo, possibilitando, assim, que o sistema possa ser programado e reprogramado indefinidamente, reduzindo os custos de produção e aumentando vida útil do produto, uma vez que as atualizações podem ser realizadas através do carregamento de um novo *software* ao dispositivo (Liu, Tian & Liu, 2018).

Dentre os blocos que compõem um SDR, o seletor de canais é um dos principais (Jawahar & Latha, 2016), cuja tarefa é a filtragem de sinais em banda-base. Filtros digitais podem ser classificados quanto a duração da resposta do sistema quando excitado por um impulso, sendo os filtros de resposta finita ao impulso (FIR, do inglês - *Finite Impulse Response*), amplamente utilizados em sistemas SDR (Jawahar & Latha, 2016). Diversas aplicações que utilizam filtros digitais tem sido apresentadas ao longo dos anos. Um sistema de filtragem simples baseado em FPGA é apresentado por (Jiang & Bao, 2010), ele faz uso de um filtro FIR de 16ª ordem implementado apenas para fins de simulação, a máxima frequência alcançada na síntese VHDL foi de 180 MHz com a utilização de

1.728 elementos lógicos, ocupando 58% do FPGA escolhido. Já a arquitetura proposta por (Harish & Rani, 2012) apresenta um filtro digital parcialmente reconfigurável, onde somente parte da arquitetura é alterada em tempo de execução, nesse caso um filtro de até 64ª ordem pode ser implementado, a frequência máxima de operação obtida foi de 121,13 MHz e um atraso de 3,719 ns foi observado para apresentação dos resultados. A implementação proposta por (Ariprasath & Santhi, 2017) apresenta um filtro digital FIR tanto na sua forma direta, quanto transposta e compara os resultados obtidos com coeficientes fixos e reconfiguráveis, nesse caso, a técnica de multiplicação por múltiplas constantes é utilizada ou MCM (do inglês - *Multiple Constant Multiplications*), para a arquitetura transposta reconfigurável o atraso observado para apresentação do sinal filtrado foi de 1,26 ns. Ainda se tratando de arquiteturas reconfiguráveis, o *design* proposto por (Kumm, Möller & Zipf, 2013) sugere a implementação de um filtro digital FIR reconfigurável utilizando a técnica de aritmética distribuída, onde a filtragem é aplicada bit-a-bit, foram obtidos tempos de reconfiguração que variaram de 67 ns até 106 ns, dependendo da ordem necessária, além disso 16% dos elementos lógicos disponíveis no dispositivo utilizado foram ocupados. Um sistema de filtragem para biopotenciais é proposto por (Senapati, Kumar & Ray., 2017), um filtro FIR é utilizado e a seleção de coeficientes varia conforme um sinal seletor de 2 bits, que informa qual o tipo de sinal de entrada à arquitetura, nessa implementação o tempo máximo de atraso observado foi de 16,89 ns. Em se tratando de sistemas SDR, a implementação proposta por (Jawahar & Latha, 2016), um filtro digital FIR para uso no módulo de seleção de canais de um SDR é apresentado, a arquitetura é reconfigurável para uma quantidade máximo de 64 coeficientes, apresentando uma frequência de operação de até 862 MHz, atraso de 1,99 ns e uso de 41.682 elementos lógicos. Um filtro digital para receptores SDR é proposto por (Manesh & Vinod, 2006), a arquitetura baseia-se no método BCSE (do inglês, *Binary Common Subexpression Elimination*), que elimina bits redundantes presentes no sinal de entrada, a máxima frequência de operação varia de 99 MHz até 121,9 MHz, com um atraso de grupo variando de 7,92 ns até 9,82 ns e ocupação do chip variando de 12,02% até 16% dos elementos lógicos disponíveis.

Dada a necessidade de reconfiguração de um sistema SDR, esse artigo propõe uma arquitetura para filtragem digital de sinais utilizando um filtro FIR reconfigurável, baseado em FPGA, através de um sinal de seleção de 2 bits, baseado nos estudos desenvolvidos por (Senapati B. et. al., 2017) e (Ariprasath & Santhi, 2017), capaz de atender até 4 (quatro) padrões de comunicação sem-fio em um mesmo dispositivo. A síntese VHDL foi realizada em uma FPGA Cyclone IV E da Altera®, modelo EP4CE22F17C6N, a frequência máxima de operação alcançada foi de 21,94 MHz com potência dissipada de 107,05 mW para uma utilização de 6.746 elementos lógicos, representando cerca de 30% da capacidade do chip.

2. Filtragem Digital

A grande vantagem da utilização de filtros digitais em relação aos filtros analógicos, se dá, principalmente, na flexibilidade de alteração da faixa de frequência em que o filtro é capaz de operar e no tipo de resposta do filtro, seja ela do tipo passa-baixas, passa-altas, passa-faixa ou rejeita-faixa, sem a necessidade de substituição de componentes de *hardware*. A princípio, os filtros digitais podem ser classificados como recursivos,

quando há re-alimentação da entrada com dados já processados e não-recursivos quando não há re-alimentação (Diniz et. al., 2004). Os filtros não-recursivos são caracterizados matematicamente por uma equação de diferenças na forma de (1):

$$y(k) = \sum_{n=0}^{N-1} h(n)x(k-n) \tag{1}$$

Onde:

- *y(k)* é o sinal de saída;
- *x(k-n)* é a amostra do sinal a ser filtrado deslocada no tempo;
- *h(n)* são as respostas ao impulso do sistema, também denominados de coeficientes de filtragem;
- *N-1* é a ordem do filtro, onde N é a quantidade coeficientes de filtragem.

Os filtros não-recursivos apresentam resposta ao impulso de duração finita e, por esse motivo, são denominados de filtros de resposta finita ao impulso ou FIR (do inglês, *Finite Impulse Response*), já os filtros recursivos apresentam resposta ao impulso de duração infinita e são denominados de IIR (do inglês, *Infinite Impulse Response*).

Quando comparados, os filtros FIR são mais simples de serem implementados do que os IIR, no que diz respeito ao desenvolvimento do *hardware* em si. Além disso, os filtros FIR são estáveis e apresentam fase linear, isto é, apresentam tempo de atraso constante ao longo de toda faixa de frequência de operação para a qual o filtro é especificado (Diniz et. al., 2004).

A definição de filtros FIR, na forma de (1), pode ser implementada de 3 (três) formas, segundo (Diniz et. al., 2004), são elas:

- Forma direta (canônica e transposta);
- Forma em cascata;
- Forma com fase linear;

Dentre essas formas de implementação, a mais simples de ser implementada é a forma direta, seja canônica ou transposta. A forma direta transposta é uma das mais utilizadas. A Figura 1 ilustra o diagrama de blocos desse tipo de arquitetura FIR. Nessa arquitetura, as amostras do sinal entrada *x(n)* são transmitidas a cada pulso do sinal de *clock* para os multiplicadores, indicados pelos coeficientes de filtragem *h(n)*.

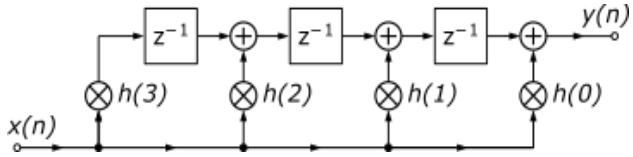


Figura 1 – Diagrama de blocos da forma direta transposta para filtros FIR (Fonte: Adaptado de Diniz et. al., 2004)

3. Rádio Definido por Software (SDR)

O rádio definido por software (SDR) é uma das principais tecnologias aplicadas ao desenvolvimento de dispositivos de RF. Um sistema SDR pode operar em uma ampla faixa de frequência, implementar vários esquemas de modulação/demodulação e é capaz de atender vários padrões de comunicação no mesmo dispositivo, utilizando um sistema de *software* e *hardware* capaz de ser reconfigurado de acordo com as exigências da aplicação (Mitola, 1993).

Em um sistema SDR, grande parte do processamento de dados é realizado via *software*, proporcionando flexibilidade à aplicação. Dessa forma, sempre que necessário, as configurações do sistema podem ser alteradas sem a necessidade de modificações físicas do sistema. Algumas aplicações típicas para o SDR incluem processamento de voz, modems, *packet radio*, telemetria, TV digital, e etc. (Mitola, 1993).

A Figura 2 ilustra um diagrama de blocos típico para um receptor SDR. É possível visualizar que parte do processamento do sinal é realizado em meio analógico e parte em meio digital. O bloco *front-end* RF representa todo *hardware* analógico que compõe o sistema, por exemplo, misturadores, amplificadores e antenas; o bloco ADC (do inglês, *Analog-to-Digital Converter*) ilustra o conversor analógico-digital, que converte o sinal para ser processado em meio digital; o filtro FIR, realiza a filtragem de ruído, ou seleção de canal, por exemplo, e encaminha os dados para pós-processamento ao bloco DSP (do inglês, *Digital Signal Processing*). O fato de um SDR ideal ser capaz de ser reconfigurado instantaneamente à depender da aplicação, abre possibilidades interessantes para a expansão nos serviços de telecomunicações. Um SDR avançado será capaz de decidir de modo autônomo o melhor modo de transmitir dados, baseando-se no menor custo de transmissão, disponibilidade do serviço ou qualidade de sinal (Mitola, 1993).

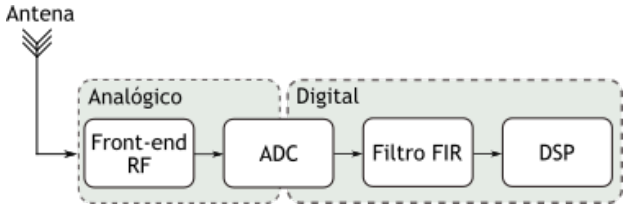


Figura 2 – Diagrama de blocos para um receptor SDR
(Fonte: Adaptado de Jawahar & Latha, 2016).

4. Arquitetura Implementada

Dentre as arquiteturas existentes, optou-se por projetar um filtro do tipo FIR na sua forma direta transposta, conforme ilustrado pela Figura 1, em conjunto com o método da multiplicação por múltiplas constantes ou MCM (do inglês, *Multiple Constant Multiplication*) (Ariprasath & Santhi, 2017).

A Figura 3 ilustra o fluxograma do sistema proposto. O processo inicia-se após a ativação da arquitetura, quando o sinal de controle "*reset*" estiver em nível lógico BAIXO, a partir daí a arquitetura irá verificar qual conjunto de coeficientes foi selecionado e só assim

poderá realizar o processo de preparação para a filtragem, que consiste em realizar a contagem de coeficientes armazenados na memória selecionada. Após isso, o processo de filtragem é iniciado e o resultado final é apresentado a cada ciclo do sinal de "*clock*". O processo se repete indefinidamente, até que o sinal de "*reset"* seja colocado em nível lógico ALTO, desabilitando o funcionamento da arquitetura.

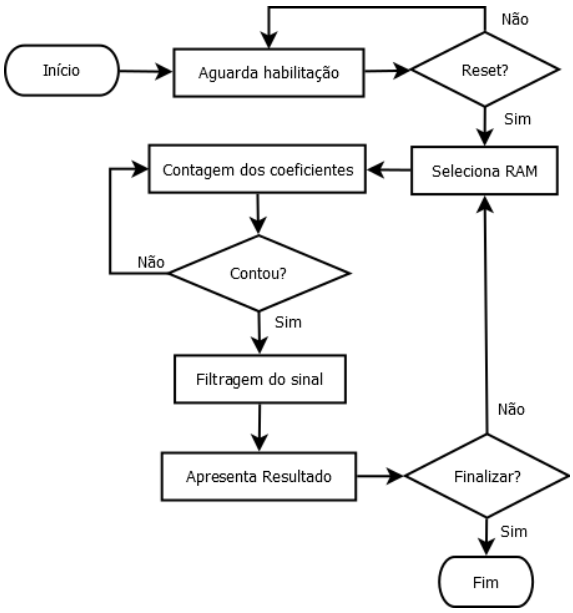


Figura 3 – Fluxograma do processo de filtragem (Fonte: Elaborado pelo autor, 2019).

4.1. Funcionamento da Arquitetura

A Figura 4 apresenta o diagrama de blocos para a arquitetura proposta. Foram definidas 4 (quatro) portas de entrada e 1 (uma) de saída, sendo:

- *xn*: sinal de entrada de 12 bits;
- *clk*: sinal de clock;
- *rst*: sinal de controle da arquitetura;
- *sel*: sinal de seleção dos coeficientes de 2 bits;
- *yn*: sinal de saída de 12 bits;

A entidade principal é composta por outras auxiliares que integram entre si para que a filtragem seja realizada. O bloco "*FIR Filter*", como a própria denominação sugere, realiza o processo de filtragem em si. Todos os coeficientes estão armazenados em memórias RAM cujas saídas são endereçadas à um multiplexador representado pelo bloco "*Mux RAM*" que irá selecionar os coeficientes para o bloco "*FIR Filter*" através do sinal de seleção "*sel*". Conforme o sinal de seleção é alterado, a arquitetura reinicia o processo e encaminha os dados selecionados ao bloco "*FIR Filter*", reiniciando o processo.

O bloco "*FIR Filter*" pode ser classificado como o mais importante dentre os demais, pois é nele que o processo de filtragem acontece, de fato. A Figura 5 ilustra uma visão ampliada dos elementos presentes nesse bloco. O sinal de entrada "*xn*" é aplicado a um registrador de deslocamento (*shift-register*) do tipo SIPO (do inglês, *Serial-In Parallel-Out*) para que as amostras deslocadas sejam encaminhadas ao mesmo tempo a cada pulso de *clock* para execução das operações.

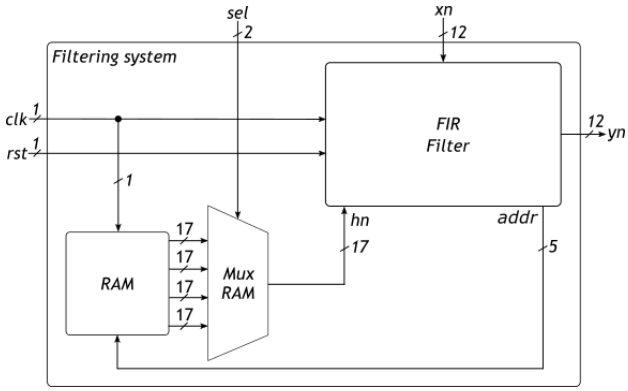


Figura 4 – Diagrama de blocos da arquitetura implementada
(Fonte: Elaborado pela autor, 2019).

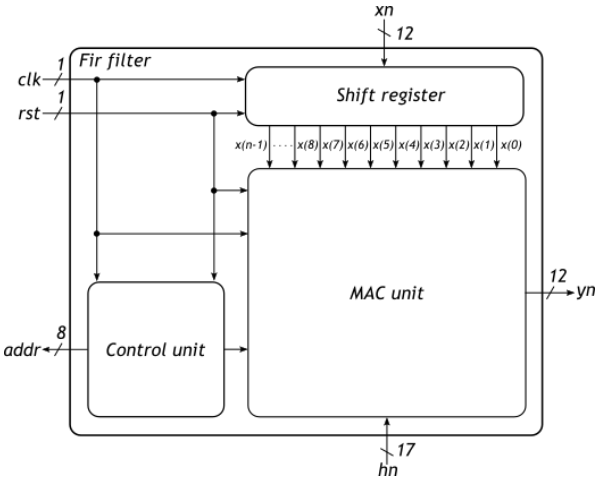


Figura 5 – Ilustração do bloco Fir Filter (Fonte: Elaborado pelo autor, 2019).

O sinal "*addr",* que é utilizado para endereçamento das memórias RAM, é controlado por uma máquina de estados finita ou FSM (do inglês, *Finite State Machine*) representada pelo bloco "*Control Unit*". Conforme um novo endereço é requisitado, a FSM conta

os coeficientes e encaminha os valores obtidos através do sinal "*hn"* e os armazena em um *array* auxiliar, o qual será utilizado no processo de filtragem. Esse processo é necessário porque a quantidade de coeficientes dos filtros armazenados nas memórias pode ser diferente. Além disso, durante a síntese do circuito, surgiu a necessidade de limitar a quantidade máxima de coeficientes que podem ser utilizados na arquitetura, uma vez que o VHDL não permite a síntese de listas ou vetores, cujo comprimento seja variável. Portanto, caso a quantidade de coeficientes necessários seja inferior ao máximo determinado, os endereços subsequentes são preenchidos com elementos nulos e é justamente esse artifício que possibilita a contagem exata da quantidade de coeficientes presentes em cada memória, pois ao receber um sinal nulo, a FSM encerra a contagem e habilita o início da filtragem.

O bloco "*MAC Unit"* é responsável por realizar o processo de multiplicação e acumulação e se vale do fato dos filtros FIR possuírem fase linear em toda faixa frequência, ou seja, os coeficientes de filtragem são simétricos (Kumm, M. et. al., 2013), o que possibilita a redução das operações de multiplicação pela metade. Se o filtro possui quantidade par de coeficientes, a resposta de saída pode ser obtida de acordo com (2), caso contrário a resposta será formada de acordo com (3).

$$y(k) = \sum_{n=0}^{N/2-1} h_n \cdot \{x(k-n) \pm x[k-(N-n)]\} \tag{2}$$

$$y(k) = \sum_{n=0}^{N/2-1} h_n \cdot \{x(k-n) \pm x[k-(N-n)]\} + h_{(N-1)/2} \cdot x\{k-[(N-1)/2]\} \tag{3}$$

Observando as equações acima, percebe-se que a arquitetura evita a multiplicação das amostras do sinal de entrada simétricas entre si pelo mesmo coeficiente, ou seja, primeiro as amostras são somadas e posteriormente são multiplicadas pelo coeficiente em questão.

Antes de encaminhar o resultado final para a saída, se faz necessário adaptar o resultado do processo para a representação binária sem sinal (*unsigned*) com comprimento de 12 *bits*, a fim de garantir a compatibilização com o comprimento pré-definido para o sinal de saída. Por esse motivo, um controle de saturação é aplicado ao resultado, de modo que o sinal de saída seja recomposto adequadamente.

5. Resultados e Discussões

5.1. Simulação

A arquitetura proposta foi concebida em VHDL com auxílio do *software* Quartus II da Altera®. A síntese indicou a utilização de 6.746 elementos lógicos, representando cerca de 30% da capacidade do FPGA Cyclone IV EP4CE22F17C6N. Além disso, a frequência máxima de operação indicada em síntese foi de 21,94 MHz e a potência total estimada

dissipada pelo *chip* foi de 107,05 mW. Para validação do funcionamento da arquitetura, uma arquitetura de testes (*testbench*) foi elaborada com auxílio do software ModelSim da Altera®. Nesse teste, um sinal ruidoso, cuja frequência central é 500 kHz é inserido em um filtro passa-faixa. Os coeficientes de filtragem foram obtidos com auxílio da ferramenta FDATool do MATLAB®, os parâmetros configurados foram:

- Função-janela: *Hamming*;
- Frequência de amostragem: 20 MHz
- Frequência de corte inferior: 480 kHz;
- Frequência de corte superior: 520 kHz;
- Ordem do filtro: 21ª (22 taps);

A Figura 6 compara o sinal de entrada, *x(n)*, com o sinal de saída, *y(n)*. Após a habilitação da arquitetura, quando o sinal de "*reset*" está em nível lógico BAIXO, o estado da FSM é alterado de "*idle*" para "*count*" e inicia-se o processo de contagem, o qual insere um atraso inicial de aproximadamente 1250 ns até o início da exibição do sinal filtrado. Haja vista que a frequência de amostragem (operação) da arquitetura foi fixada em 20 MHz para simulação, se cada período de amostragem corresponde à 50 ns, o atraso total inserido é de 25 períodos do sinal de *clock*, ou seja, está em concordância com a ordem do filtro utilizado. Vale salientar que embora haja um certo atraso, é perceptível o funcionamento da arquitetura implementada, uma vez que o ruído inserido é atenuado de modo satisfatório, conforme pode ser notado pela suavização do sinal *y(n)* quando comparado ao *x(n)*.

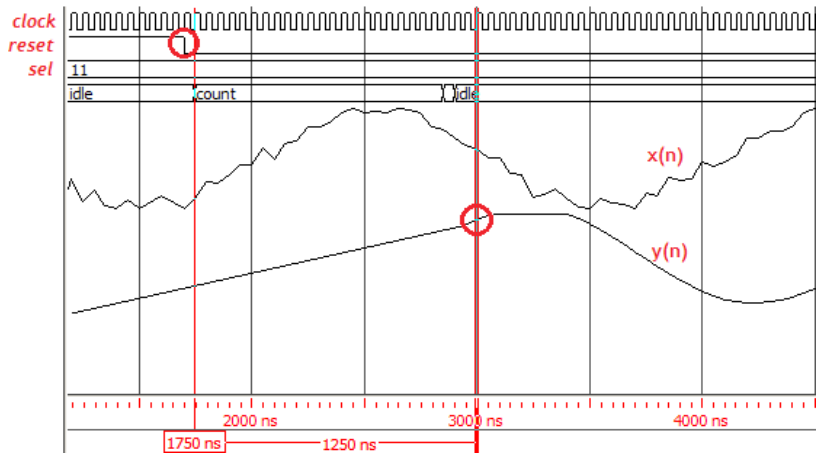


Figura 6 – Comparação entre os sinais *x(n)* e *y(n)* (Fonte: Elaborado pelo autor, 2019).

5.2. Testes Experimentais

Para execução dos testes experimentais utilizou-se um ADC (do inglês, *Analog-to-Digital Converter*) modelo ADC128S022 da *Texas Instruments*, com resolução de 12 *bits* e 8 canais, para conversão do sinal de entrada. Diferentemente do sinal utilizado para

simulação, onde a frequência central foi de 500 kHz , serão aplicados sinais de menor frequência (a fim de atender o critério de *Nyquist* de modo satisfatório) com auxílio de um gerador de funções, pois o ADC utilizado possui limite de frequência de operação de 3,2 MHz e utiliza SPI (do inglês, *Serial Peripheral Interface*) como protocolo de comunicação e necessita de 16 ciclos de *clock* para apresentação da conversão, reduzindo ainda mais a máxima frequência de operação do sistema. Dessa vez, um filtro passa-baixas foi projetado, os seguintes parâmetros foram utilizados:

- Função-janela: *Hamming*;
- Frequência de amostragem: 156,25 kHz;
- Frequência de corte: 5 kHz;
- Ordem do filtro: 21ª (22 taps);

A ideia é evidenciar o funcionamento do filtro ao elevar gradativamente a frequência do sinal de entrada, aplicado com auxílio de um gerador de funções, partindo de 1 kHz até 8 kHz, de modo que aos poucos a atenuação do sinal de saída seja perceptível. Para recomposição do sinal de saída, um DAC (do inglês, *Digital-to-Analog Converter*) do tipo R-2R com resolução de 12 *bits* foi utilizado e sua saída ligada a um osciloscópio. A Figura 7 mostra o resultado obtido para um sinal de entrada de 1 kHz, percebe-se que o atraso de filtragem foi de 100 µs, correspondente a aproximadamente 16 períodos do sinal de *clock*. O fato do sinal de saída possuir amplitude superior ao de entrada, se dá devido a tensão de alimentação do FPGA que é de 3,3 V, de modo que essa é a tensão de saída para todos os *bits* em nível lógico ALTO, não há nenhum ganho aplicado ao sinal.

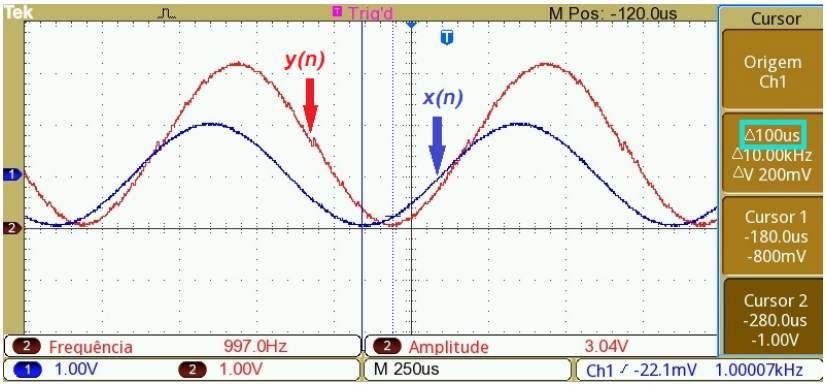


Figura 7 – Comparação entre os sinais para 1 kHz
(Fonte: Elaborado pelo autor, 2019).

Ao elevar a frequência para 8 kHz é perceptível a atenuação do sinal de saída, já que essa frequência é superior à frequência de corte que foi projetada. A Figura 8 compara os sinais de entrada e saída, percebe-se que a amplitude do sinal de saída é da ordem de 360 mV e a frequência perde sua referência principal, evidenciando o funcionamento da arquitetura.

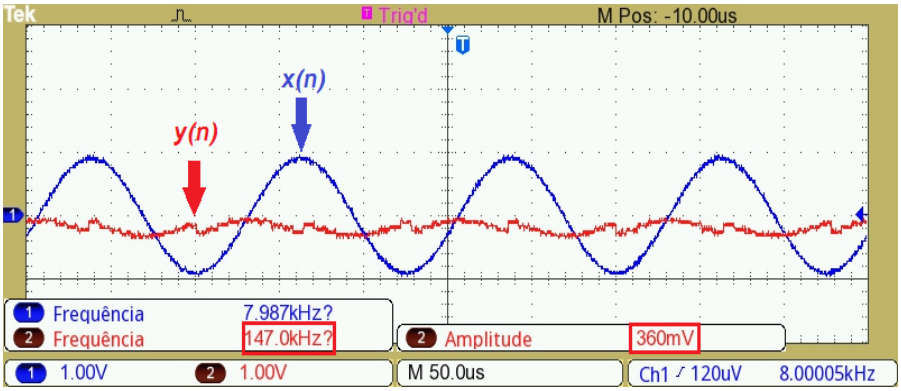


Figura 8 – Comparação entre os sinais para 8 kHz
(Fonte: Elaborado pelo autor, 2019).

A Tabela 1 compara os resultados obtidos com outros estudos mencionados neste artigo, a grande diferença se dá no fato de que a arquitetura proposta foi evidenciada experimentalmente e, além disso, a aplicação possui um mecanismo claro de reconfiguração através da seleção de até 4 (quatro) filtros diferentes, diferentemente das demais, que só apresentam os dados em simulação e não consideram as limitações existentes quanto à conversão do sinal e aos erros inseridos pelos circuitos intermediários.

Referência	Tipo de filtro	Técnica de filtragem	Atraso	Frequência máxima	Total de elementos lógicos
(Jawahar & Latha, 2016)	FIR direto transposto	MCM	1,99 ns	862 MHz	41.682
(Manesh & Vinod, 2006)	FIR direto transposto	BCSE	8,84 ns	109,7 MHz	Não especificado
Gnanasekaran & Manikandan, 2013)	FIR direto transposto	Não especificado	3,6 ns	278 MHz	Não especificado
Proposto	FIR direto transposto	MCM	1.250 ns	21,94 MHz	6.746

Tabela 1 – Comparação entre a arquitetura proposta e outras aplicações semelhantes
(Fonte: Elaborado pelo autor, 2019).

6. Conclusões

O fato de limitar a quantidade máxima de coeficientes que podem ser utilizados impactou diretamente no desempenho da arquitetura, pois independentemente da utilização total dos registradores, estes estarão presentes na síntese do circuito e ocuparão área no

chip, levando a um maior consumo de potência e menor frequência de operação. Em contrapartida, essa abordagem possibilita a implementação de sistemas que conseguem variar o número de coeficientes em tempo de execução de modo indireto, através da seleção de um sinal externo, diferentemente dos outros estudos citados, que não esclarecem como deve ser feita a reconfiguração do sistema. O sistema proposto mostrou-se estável e realizou a filtragem do sinal de modo satisfatório, mesmo com a limitação na frequência de operação, tanto em ambiente de simulação, quanto experimental. Apesar de apresentar números (atraso e frequência máxima de operação) inferiores aos estudos de mesma natureza que foram citados, nenhum deles apresentou resultados experimentais, onde são inseridas perdas relativas aos circuitos intermediários, como os circuitos conversores, por exemplo. É fato que a arquitetura implementada se mostrou viável e pode ser utilizada em qualquer FPGA de maior capacidade, viabilizando sua aplicação para sistemas de alta frequência, se esse for o caso. Além disso, a arquitetura é de simples implementação e pode ser modificada de modo fácil e rápido, a fim de atender quaisquer padrões de comunicação ou resposta de filtragem (passa-baixas, passa-altas, rejeita-faixa, passa-faixa).

Referências

Ariprasath, S., & Santhi, C. (2017). Transpose form fir filter design for fixed and reconfigurable coefficients. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4(3), pp. 1857-1862. https://irjet.net/archives/V4/i3/IRJET-V4I3507.pdf.

Barfoot, R. Exploiting SDR to help improve multinational military interoperability. (2008). *In Seminar on Cognitive Radio and Software Defined Radios: Technologies and Techniques*. London, UK: IET. https://doi.org/10.1049/ic:20080385.

Cummings, M., & Haruyama, S. (1999). FPGA in the software radio. *IEEE Communications Magazine*. 32(2). (pp. 108-112). IEEE.

Diniz, P. S. R., Silva, E A. B., & Netto, S. L. (2004). Processamento digital de sinais: projeto e análise de sistemas (3a. Ed.). São Paulo: Bookman.

Gong, J.-T., & Tan, C.-w. (2014). An algorithm of software defined radio channel processing based on FPGA. In *Proceedings of International Conference on Wireless Communication and Sensor Network,* (pp. 39-41). Wuhan, China: IEEE. doi: 10.1109/WCSN.2014.14.

Gnanasekaran, M. & Manikandan, M. (2013). High throughput pipelined implementation of reconfigurable FIR filter for SDR. In *Proceedings International Conference on Current Trends in Engineering and Technology*, (pp. 362-364). Coimbatore, India: IEEE. https://doi.org/10.1109/ICCTET.2013.6675986.

Harish S., & Rani, J. V. (2012). A dynamic partial reconfigurable FIR filter architecture. In *Proceedings of International Conference on Recent Trends in Information Technology*, (pp. 472-476). Chennai, Tamil Nadu, India: IEEE. https://doi.org/10.1109/ICRTIT.2012.6206813.

Hewlitt, R. M., Swartzlander, E. S. (2000). Canonical signed digit representation for FIR digital filters. In *Proceedings of IEEE Workshop in Signal Processing Systems*, (pp. 416-426). Lafayette, LA, USA: IEEE. https://doi.org/10.1109/SIPS.2000.886740.

Jawahar, A., & Latha, P. P. (2016). Implementation of high-order FIR digital filtering for software defined radio receivers. In *Proceedings of International Conference for Signal Processing,* (pp. 1452-1456). Paralakhemundi, India: IEEE. doi: 10.1109/SCOPES.2016.7955680.

Jiang, X., & Bao, Y. (2010). FIR filter design based on FPGA. In *Proceedings of International Conference on Computer Application and System Modeling,* (pp. 621-624). Taiyuan, China: IEEE. https://doi.org/10.1109/ICCASM.2010.5622482.

Kumm, M., Möller, K., & Zipf, P. (2013). Reconfigurable FIR filter using distributed arithmetic on FPGAs. In *Proceedings of International Symposium of Circuits and Systems,* (pp. 2058-2061). Beijing, China: IEEE. https://doi.org/10.1109/ISCAS.2013.6572277.

Liu, C.-h.m., Tian, Si-l., & Liu, Z.-l. (2018). Design of FIR filter based on FPGA. In *Proceedings of the 2018 International Conference on Sensors, Signal and Image Processing*, (pp. 46-50). New York, NY, USA: ACM. doi: http://doi.acm.org/10.1145/3290589.3290602.

Manesh, R. Vinod, A. P. (2006). Reconfigurable low-complexity FIR filters for software radio receivers. In *Proceedings of the 17th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*. Helsinki, Finland: IEEE. 10.1109/PIMRC.2006.254336.

Mitola, J. III. (1993). Software radios-survey, critical evaluation and future directions. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 8(4), 25-36.

Mitola, J. III. (2000). SDR architecture refinement for JTRS. In *Proceedings of 21st. Century Military Communications Architectures and Technologies for Information Superiority,* (pp. 214-218). Los Angeles, USA: IEEE. https://doi.org/10.1109/MILCOM.2000.904942.

Sadiku, M. N. O., & Akujuobi, C. M. (2004). Software-defined radio: a brief overview. *IEEE Potentials*, 23(4), (pp. 14-15).

Senapati, B., Kumar, G. L., & Ray, K. B. (2017). High resolution reconfigurable bio-potential processor for portable biomedical application. In *Proceedings of 2017 Devices for Integrated Circuit,* (pp. 517-521). Kalyani, India: IEEE. https://doi.org/10.1109/DEVIC.2017.8074004.

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

Recebido/Submission: 30/11/2019
Aceitação/Acceptance: 31/01/2020

Sistema Prototipo para la Teleoperación de un Robot ScorBot ER-4U en Ambientes Peligrosos

Franklin W. Salazar[1], Jorge Buele[2], Jéssica Llugsa-Hinojosa[1], Ana Belén Domínguez[1], Gabriela E. Pérez[1], Andrea F. Ibazeta[3]

fw.salazar@uta.edu.ec, jorgeluis.buele044@comunidadunir.net, jllugsa4198@uta.edu.ec, adominguez3579@uta.edu.ec, gperez3240@uta.edu.ec, ibazetaailin@gmail.com

[1] Universidad Técnica de Ambato, 180103, Ambato, Ecuador.

[2] Universidad Internacional de la Rioja, 26006, Logroño, España.

[3] Universidad Nacional de San Juan, 5400, San Juan, Argentina.

Pages: 312–324

Resumen: Estar en contacto directo con sustancias y objetos peligrosos, es algo que el personal policial y militar en servicio, experimenta con regularidad en sus tareas cotidianas. En este manuscrito se presenta la teleoperación de un robot ScorBot ER-4U empleado para el cumplimiento de tareas peligrosas con la finalidad de proteger al usuario final. La arquitectura en hardware está formada por sensores resistivos flexibles, comunicadores punto a punto y Arduino para gestionar el envío de datos. La DLL proporciona un método de acceso abierto fácil de usar para acceder a la funcionalidad del robot desde el entorno de desarrollo integrado de MATLAB. Este software incluye funciones para el desplazamiento de cada eje conformado por el robot y la apertura de la pinza en centímetros, pasando los parámetros requeridos por cada función y obteniendo como respuesta una secuencia de movimientos deseados. A pesar de ser un sistema prototipo, que es parte de una investigación en proceso, se valida su funcionamiento con las pruebas experimentales respectivas.

Palabras-clave: Sensores Resistivos, MATLAB, Robot ScorBot, Ambientes Peligrosos.

Prototype System for the Remote Operation of a ScorBot ER-4U Robot in Dangerous Environments

***Abstract*:** Being in direct contact with dangerous substances and objects is something that police and military personnel on duty regularly experience in their daily tasks. This manuscript presents the teleoperation of a ScorBot ER-4U robot used to perform dangerous tasks in order to protect the final user. The hardware architecture consists of flexible resistive sensors, point-to-point communicators and Arduino to manage data delivery. The DLL provides an easy-to-use open access method to access the functionality of the robot from the MATLAB integrated development environment. This software includes functions for displacement of each axis formed by the robot and the gripper opening in centimeters, passing

required parameters by each function and obtaining in response a sequence of desired movements. Despite being a prototype system, which is part of an ongoing investigation, its operation is validated with the respective experimental tests.

Keywords: Resistive Sensors, MATLAB, Robot ScorBot, Dangerous Environments.

1. Introducción

En los últimos años, el avance de la tecnología ha traído consigo varias herramientas que facilitan las tareas diarias del ser humano (Zanoli, Barboni, Cocchioni & Pepe, 2018), (Ng, 2018). La búsqueda del conocimiento e innovación ha permitido que la ciencia abarque un mayor número de campos de aplicación (Perdomo, Cardozo, Fernández & Serrezuela, 2018), (Ramos & Mariño, 2015). De esta manera nace la robótica, un tema de interés que ha permitido el desarrollo de varias investigaciones multidisciplinarias (Dos Anjos, Santos, Amado & Marques, 2016), (Buele, Espinoza, Bonilla, Salazar-C, Pérez-L & Salazar-L, 2019). El principal interés de los investigadores es diseñar robots con autonomía que puedan usarse en aplicaciones de atención médica, exploración espacial, militar y de rescate, entre otros (Gómez & Gómez, 2017). Existen organizaciones que tienen como objetivo el desarrollo y distribución de software libre y de código abierto (FOSS) orientado a que investigadores, estudiantes y profesionales interesados puedan acceder y aportar ideas a la innovación, educación e investigación en robótica (Szabo & Gontean, 2017), A pesar de la diversidad de autómatas que ofrece el mercado, durante las últimas dos décadas, han sobresalido las líneas de robots KUKA e Intelitek ScorBot (Kazemi & Dominguez, 2016), (Franklin Salazar et al., 2019). Las versiones primitivas de ScorBot incluían una caja de control que podía ser controlada mediante un terminal o una computadora personal (PC) a través de una conexión de puerto serie RS-232.

Estos robots pueden ser teleoperados por especialistas y así desempeñarse en actividades peligrosas, donde le sería riesgoso ingresar a una persona (Ramos & Mariño, 2015). El tiempo y la efectividad, además de la seguridad, de estos sistemas robóticos se compara en gran medida con las acciones desarrolladas por un ser humano donde el objetivo no es suplantarlo, sino complementarlo como una eficiente herramienta (Kolling, Walker, Chakraborty, Sycara & Lewis, 2015). Poder operar este tipo de sistemas complejos no siempre es sencillo y por ello se requiere del entrenamiento del operario, bien sea en un modelo simulado o uno real. Por ello mediante una herramienta tecnológica popular es la realidad virtual (VR), se puede simular el desempeño de un robot en un ambiente real (Segura et al., 2020). El uso de robots en lugares peligrosos para civiles o militares, el manejo de materiales radiactivos, la detonación de explosivos, tareas de vigilancia y supervisión, exploración terrestre y submarina, minería, etc. son diferentes actividades que un ser humano podría evitar (Kumar & Kumar, 2017), (Marchant et al., 2015). Inicialmente, se introduce la teleoperación, con lo cual se pueden ejecutar estas tareas recibiendo órdenes de un operador, sin la necesidad física de tener un control directo.

Paralelamente, al fusionar los sistemas inteligentes con otras áreas de conocimiento, los operarios pueden adquirir el conocimiento necesario para realizar maniobras en espacios delicados o peligrosos mediante teleoperación. Las técnicas de teleoperación en robótica han avanzado, sin embargo, aplicarlas al ámbito militar requiere un mayor desafío tomando en cuenta los riesgos a los que se exponen los operadores y poder salvaguardar

su vida. La experiencia operacional reciente ha demostrado la necesidad de sistemas robóticos que sean altamente capaces, pero fácilmente operables para la manipulación de alta fidelidad. En el trabajo desarrollado por (Nahavandi, Mullins, Fielding, Abdi & Najdovski, 2015) se muestra el desarrollo de un sistema robótico IED que fue financiado por la Fuerza de Defensa Australiana, siendo diseñado para un ambiente más industrial. Por otro lado, (Rezeck et al., 2018) proponen un sistema inmersivo para la visualización estereoscópica junto con un dispositivo robótico que sirve como marco de prueba de concepto para futuras aplicaciones en el entorno minero. Estas tareas consideradas peligrosas de exploración y minería a cielo abierto pueden beneficiarse enormemente de la teleoperación de sistemas robóticos.

La manipulación de componentes de alto riesgo (substancias tóxicas) y objetos peligrosos (bombas o minas) podría generar un accidente o daño físico en el personal militar que se encuentra en ejecución de sus labores (Trevelyan, Hamel & Kang, 2016). Es por ello que suministrarle de los equipo y herramientas de protección adecuadas representa una prioridad. En tal contexto, en este proyecto de investigación se presenta un sistema prototipo que permite teleoperar un brazo robótico, con la finalidad de realizar actividades que serían de riesgo para un ser humano. Se presentan los elementos utilizados, así como el desarrollo en software que permiten la comunicación entre la mano del operario (a través de varios sensores) y el autómata que se encuentra a unos metros de su ubicación.

Este trabajo está compuesto por seis secciones y como apertura se encuentra la introducción a la temática. La sección 2 presenta el caso de estudio y las secciones 3 y 4 los elementos de hardware y software respectivamente. Los resultados experimentales obtenidos se muestran en la sección 5 y las conclusiones y trabajos futuros en la sección 6.

2. Caso de Estudio

Está centrado en el campo militar, debido al alto índice de casos en los cuales el personal debe realizar el manejo de sustancias tóxicas y objetos peligrosos, en los distintos lugares donde opera.

2.1. Control de la contaminación química biológica radiológica y nuclear

Es una tarea que, afortunadamente no tiene que realizarse muy a menudo en conflictos modernos. Sin embargo, es una capacidad considerada indispensable entre las fuerzas armadas modernas. La defensa nuclear, radiológica, biológica y química (NRBQ) no es solo un asunto militar. La policía, el control fronterizo y la industria química también deben ser capaces de realizar una detección confiable, segura y eficiente.

El análisis con respecto al control de la contaminación se realizó entrevistando a dos oficiales involucrados en pruebas, desarrollo y capacitación en el centro de las Fuerzas Armadas. Ambos tenían el rango de capitanes en combinación con una maestría en ingeniería. Los oficiales también dieron una demostración de los sensores actuales y futuros. Ninguno de los funcionarios ha tenido experiencia profesional previa con la robótica, pero tenían conocimiento general sobre los avances de la robótica militar y se les impartió una demostración del prototipo utilizado. La entrevista se formuló para

examinar cómo un robot podría contribuir al equipo de rol ligero de un batallón en una misión de prueba. El objetivo del equipo es dar una respuesta rápida del estado químico, biológico, radiológico y nuclear actual en un área designada, es decir, indicar peligros y de ser posible trasladarlos a un área segura.

El equipo se puede asignar a cualquier unidad dentro del batallón. La mayoría de las misiones de este tipo apuntan a peligros que otros han detectado previamente. Esto implica que el equipo recibirá información como las condiciones climáticas, la ubicación y el tipo sospechoso de contaminación antes de llegar. De los posibles riesgos NRBQ, los que son radiactivos se detectan con la mayor fiabilidad. Los agentes químicos a menudo se rastrean a través de un elemento que forma parte del compuesto, por ejemplo, azufre en el gas. Otras sustancias, como los radiadores alfa y beta, los agentes químicos en estado sólido o líquido, los agentes biológicos o los explosivos requieren que el sensor esté en contacto con o dentro de un rango cercano. Además, de realizar la detección y la recolección de muestras, los robots se pueden usar para investigar el diseño de las instalaciones y detectar visualmente cualquier presencia o derrame de tóxicos industriales o médicos, y para buscar personas (enemigos, civiles o heridos) antes de ingresar. Las mayores ventajas de un robot es permitir la acción inmediata al llegar al lugar, disminuir el riesgo de exposición al personal con una detección temprana.

2.2. Eliminación de Objetos Explosivos

La eliminación de objetos peligrosos es una tarea realizada tanto en las fuerzas armadas como en la sociedad civil. Cuando se realiza en un contexto militar, la tarea a menudo se denota como eliminación de artefactos explosivos (EAE). La tarea se puede dividir en las subcategorías de limpieza de minas, manejo de municiones sin explotar y manejo de dispositivos explosivos improvisados (DEI).

La investigación sobre municiones explosivas se realizó entrevistando al personal perteneciente a un escuadrón del servicio militar. Se pudo observar a un grupo especializado practicar la limpieza de un coche bomba y de esta forma tener una mayor interacción. Los robots pueden ser utilizados para contrarrestar un número único o limitado de elementos explosivos en el lugar de la extracción, también minas sin explotar. Los equipos de control militares y policiales en caso de haber una amenaza, despliegan a sus integrantes de intervención tripulado y no tripulado y ahí la operación de un robot sería de gran ayuda. Una de las ventajas del robot utilizado es su tamaño reducido, ya que se ha observado que puede ser un inconveniente al desarrollar las misiones. Sin embargo, operar el brazo robótico sin una capacitación previa puede convertirse en una tarea de elevada complejidad. Se debe indicar que las colisiones de brazos son frecuentes incluso para operadores experimentados y pueden provocar daños en el brazo o en las cargas montadas manipuladas por él. El mayor beneficio de utilizar un robot es reducir el riesgo para el personal. Se debe considerar como una limitación el rango de alcance del enlace de comunicación inalámbrica y el retardo en la velocidad de respuesta.

3. Hardware

El diseño general de la propuesta planteada se presenta en la Figura 1. El proceso empieza al momento en que se busca manipular las sustancias consideradas peligrosas.

Para lo cual el brazo robótico designado está a cargo de la reproducción de movimientos que son idénticos al brazo humano considerando todas sus partes: dedos, muñeca, codo y hombro e intercomunicados por un guante sensorial que se propone que el operario manipule desde su espacio de trabajo; a través de la simulación ejecutada mediante elementos sensoriales ubicados en el trabajador y que son repetidos por el brazo robótico. Para la reproducción de los movimientos de la máquina se debe conocer que la comunicación se da gracias a que el guante genera los datos para el control del robot ScorBot, está conformado por 5 sensores Flex que varían la resistencia de cuerdo a la inclinación de cada dedo.

La comunicación se efectúa mediante el software MATLAB, encargado de enviar la información tanto para el brazo físico como para la aplicación Unity encargada de visualizar la interfaz creada. Los movimientos del brazo robótico donde se efectuarán los diferentes movimientos proporcionados por el guante en tiempo real se pueden realizar a una distancia aproximada de 10 metros sin presentar intermitencias. En la Figura 1 se muestra la arquitectura para esta aplicación, donde se puede observar la utilización de 2 módulos XBee, los cuales permiten comunicación punto a punto sin enrutamiento, el XBee conectado al guante con el módulo Arduino funciona como router y permite enviar la variación de resistencia de las galgas extensiométricas cuando se abre o cierra la mano. El XBee conectado a la PC funciona como el coordinador de la comunicación, este permite recibir y leer los valores de resistencia que envía el XBee router, además permite explorar y conectarse con diferentes XBee. Por otro lado, si se desea configurar otros parámetros como tipo de comunicación, aumentar el nivel de seguridad con encriptación propia, velocidad de comunicación y otros aspectos se lo puede realizar con el software XCTU.

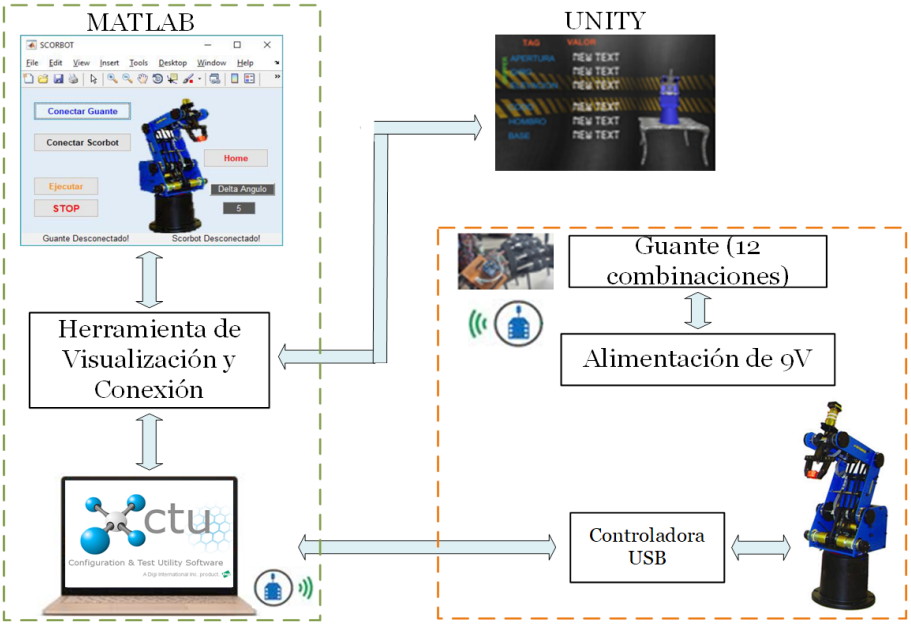


Figura 1 – Diagrama general del sistema desarrollado.

3.1. Sensores de Flexibilidad

Son elementos electrónicos que permiten determinar el grado de flexión de un material. Uno de sus mecanismos para determinar el grado de flexibilidad de un dispositivo es a partir de cambios en la resistividad asociada a dicho elemento, mide la capacidad de deflexión causada por la torsión del sensor, alrededor de un radio de curvatura. Estos sensores se caracterizan por aumentar su resistividad conforme el ángulo de flexión, cambia su estado, con valores nominales de 20KΩ en reposo hasta 40KΩ y con flexiones de 180°. El reconocimiento se lo realiza mediante la recopilación de datos de gestos con el uso de uno o más sensores. Estos sensores están unidos a la mano, los cuales registran el más mínimo movimiento y luego los datos recopilados se analizan para el reconocimiento de gestos. En cuanto al procesamiento de datos, los mismos son transmitidos a través de un puerto serie y enviados a la PC, como muestra la arquitectura de la Figura 1. Luego de procesar a información obtendremos un sin número de resultados tales como: posición de mano, ángulo de flexión de cada articulación y movimientos específicos.

3.2. SCORBOT ER-4U

Es un brazo robótico que incorpora un sistema confiable y versátil, principalmente utilizado en el ámbito industrial y que puede montarse sobre un pedestal, mesa o deslizante lineal. Gracias a la repetibilidad y velocidad del robot, se lo considera apto tanto para operaciones independientes como para uso integrado a celdas de trabajo automáticas y aplicaciones varias a nivel industrial. Entre las principales aplicaciones se tiene: soldadura robotizada, sistemas ópticos artificiales y manipulación automáticas de piezas CNC (Control Numérico Computarizado).

Este autómata es compatible con el software de control y programación robótica ScorBase. El software gráfico opcional RoboCell 3D permite al usuario diseñar, crear y controlar celdas de trabajo industriales simuladas. De esta forma se proporciona una simulación dinámica del robot y los dispositivos de celdas de trabajo durante la enseñanza de la posición y la ejecución del programa[1]. En la Tabla 1 se muestra el nombre de las articulaciones con sus respectivos movimientos y el número de los motores que se requiere para generar dicho movimiento.

Eje	Nombre de la Articulación	Movimiento	Movimiento del Motor
1	Base	Rotación del cuerpo	1
2	Hombro	Sube y baja el brazo alto	2
3	Codo	Sube y baja el antebrazo	3
4	Movimiento de la muñeca	Sube y baja el efector final	4+5
5	Rotación de muñeca	Rotación del efector final	4+5

Tabla 1 – Movimiento de las articulaciones.

[1] https://www.intelitek.com/pdf/sp/100586-ES-A_DS01_HW_ER4u.pdf

3.3. Controlador–USB

Está diseñado para operar el brazo robótico y sus accesorios; se lo conecta a un computador vía conector USB. Posee una fuente de alimentación que suministra los 24 VDC para los motores y dos conexiones adicionales (eje 7 y eje 8) para los motores de dos accesorios. Además, posee puertos de entrada y salida, digital y análoga, para conectarse a accesorios adicionales como: interruptores, actuadores, sensores, transmisores, etc.

3.4. XBee

Conocido como un módulo de comunicación inalámbrica o conjunto de protocolos de alto nivel, se utiliza para la radiodifusión digital de bajo consumo basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal WPAN (Wireless Personal Área Network,). Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con máxima vida útil de las baterías y baja tasa de envío de datos. Utiliza la banda ISM (Industriales, Científicas y Médicas traducido al español) que engloba las siguientes frecuencias: 868 MHz en Europa, 915 en Estados Unidos y 2,4 GHz en todo el mundo. Esta tecnología se desarrolla en la sencillez y el bajo costo, a diferencia de otras redes inalámbricas semejantes de la familia WPAN, como por ejemplo Bluetooth (Reyna, Lima, Avitia & Bravo, 2016).

4. Software

El programa se desarrolla en el software MATLAB, donde se guardan las acciones a realizar por el brazo robótico en respuesta al código recibido desde los sensores. Éste incluye funciones para el desplazamiento de cada eje conformado por el robot y la apertura de la pinza (en centímetros), pasando los parámetros requeridos por cada función y obteniendo como respuesta una bandera de aviso. Esta es la encargada de transformar los datos enviados desde los sensores ubicados en el guante quienes generan señales correspondientes al movimiento de los dedos, los mismos transmiten un código en función de la posición que presenta cada uno. Es así como se pueden generar movimientos particulares o una secuencia de estos para que el robot realice una determinada tarea. Esto permite la manipulación indirecta de sustancias peligrosas por parte del operador, la precisión en el movimiento de objetos de bajo peso y de ser necesario la realización de tareas preestablecidas con una secuencia continua de movimientos grabados.

4.1. Programación para el Establecimiento de Coordenadas Cartesianas y el Desplazamiento Angular del Robot

Para la comunicación inalámbrica es necesario el envío y recepción de datos. En la Figura 2 (a) se muestra las líneas de código ScorGetJt requeridas para el proceso de desplazamiento del brazo robótico. Este archivo permite lo siguiente, el desplazamiento angular de las articulaciones del robot, utiliza una función que es llamada para la ubicación del robot desde la base hasta la pinza.

Para generar el movimiento del robot es necesario establecer el mismo en coordenadas cartesianas en donde se declare valores en XYZ. El código presentado en la Figura 2 (b) el desplazamiento en coordenadas cartesianas, con una unidad de medida en centímetros por defecto, además se busca el control del giro de la pinza y el grado de inclinación en grados centígrados. Estas funciones permiten el movimiento del ScorBot ER-4U y encera constantemente los movimientos. Para el funcionamiento de las programaciones descritas es necesario cargas las siguientes librerías, mostradas en la Tabla 2.

```
function XYZPR=ScorGetXYZPR
% XYZPR=ScorGetCart
% returns X,Y,Z (cms) and pitch and roll (degs)
% as a 5 X 1 row vector;
% If it fails, returns nan  (check with isnan)
% By: Wick & Esposito & Knowles, US Naval Academy, 2010
F = 0; X = 0.0; Y = 0.0; Z = 0.0; P = 0.0; R = 0.0;
try
[F,X,Y,Z,P,R]=calllib('RobotDll','RGetXYZPR',X,Y,Z,P,R);
XYZPR(1)=X/10000;
XYZPR(2)=Y/10000;
XYZPR(3)=Z/10000;
XYZPR(4)=P/1000;
XYZPR(5)=R/1000;
catch
 XYZPR = nans(1,5);
end
```

(a)

```
function BSEPR=ScorGetJt
% FUNCTION BSEPR=ScorGetJt
% returns Base,Shoulder,Elbow,Pitch,Roll
% signed angles in Degrees
%
% Note that + direction for pitch and elbow is opposite from teach pendant
% labeling!  This code fixes this.
% By: Wick & Esposito & Knowles, US Naval Academy, 2010

F = 0; B = 0.0; S = 0.0; E = 0.0; P = 0.0; R = 0.0;
%Notes: Provided USBC.DLL does not seem to
% accept these values in When in Teach routine? Not sure
try
    [F,B,S,E,P,R]=calllib('RobotDll','RGetBSEPR',B,S,E,P,R);
catch
    disp('ScorGetJt Failed: Teach Pendant must be in Auto Mode')
end
BSEPR=[B/1000 -S/1000 -E/1000 -P/1000 R/1000];
```

(b)

Figura 2 – Código de programación: (a) ScorGetJt. (b) ScorGetJtXYZPR.

Nombre	Descripción
RobotDll.dll	Permite múltiples programas de software para compartir la misma funcionalidad.
RobotDll.h	Control de movimiento de motores.

Tabla 2 – Librerías de Control de Movimientos para el brazo robótico

4.2. Programación de Movimientos Determinados y su Almacenamiento

Para establecer los movimientos determinados dentro de la programación se establecen estructuras case que permiten ejecutar el código por bloques, en este caso para guardar los movimientos como se detalla en la Figura 3 (a). La programación que se muestra adquiere el valor del puerto COM de la XBee coordinadora, luego transforma el valor de binario a decimal y si está dentro del margen del contador de cero a cien a imprimir en la pantalla el movimiento determinado (mov1, mov2, mov3, mov4, mov5, mov6, mov7, mov8) dependiendo el valor decimal que envíe el COM.

Los movimientos predeterminados se van ir almacenando en la variable “p”, estos valores representan los desplazamientos que van a generar las articulaciones del brazo robótico, como se muestra en la Figura 3 (b). En la siguiente programación se muestran 5 movimientos predeterminados los cuales se van ir imprimiendo en orden en coordenadas cartesianas, pero antes de ir al punto establecido, mediante la función Rhome el ScorBot ER-4U hace que se vaya a la posición de inicio para desde ahí partir con el movimiento deseado.

Para generar la secuencia de movimientos del robot se envía el conjunto de valores a una función y esta confirma si realiza el conteo o no, como se aprecia en la Figura 3 (c). Este código se encarga de realizar el movimiento del Scorbot ER-4U en coordenadas cartesianas XYZPitchRoll. Al trabajar en modo automático mueve al brazo robótico al conjunto de valores que se envió a la función, una vez que se confirma el movimiento inicia y el ScorBot se bloquea hasta que el movimiento se complete.

```
for i=0:100
 tic
 fprintf(P,'X');
 pause(0.02);
 Rx=fscanf(P);
 bin=Rx((strfind(Rx,'A')+1):(strfind(Rx,'B')-1))
 mani=bin2dec(bin)

 switch mani
     case 0
         disp('mov1')
     case 1
         disp('mov2')
         ScorDeltaJtMove([0 0 0 0 0]);
     case 2
         disp('mov3')
     case 2
         disp('mov4')
     case 8
         disp('mov5')
     case 16
         disp('mov6')
     case 31
         disp('mov7')
         F_set(1);
     case 48
         disp('mov8')
     otherwise
         disp('other value')
 end
```

(a)

```
p=[16.9030 0 50.4328 -63.5480 0];

p1=[1.8972   -0.0020   50.4294  -63.5480          0];
p2=[1.5111          0   62.6620  -13.5480          0];
p3=[19.3837         0   56.2177  -53.5480          0];
p4=[24.8610         0   64.4901  -13.5120          0];
calllib('RobotDll','RHome',25);
    x1=ScorCartMove(p1);
```

(b)

```
ScorRequestPendantMode('auto');
confirmation = ScorAddToVec(1000, XYZPR);
if confirmation
    confirmation = ScorMoveToPt(1000, 'L');
end


if(confirmation==1)
    ScorBlockUntilMotionComplete(XYZPR);
end
```

(c)

Figura 3 – Código de programación: (a) Movimientos determinados. (b) Almacenamiento de movimientos. (c) Código ScorCartMove.

4.3. Desarrollo de la Interfaz

Para dar inicio al movimiento se diseña una pantalla interactiva que facilite la manipulación del operador con el brazo robótico, como se muestra en la Figura 4. La programación realizada permite el control y supervisión de la interfaz creada por el operador, se busca configurar diferentes aspectos como la visualización de operación añadiendo botones a la pantalla. Esto ayuda a establecer la conexión y alertas en la programación.

5. Resultados experimentales

Se plantea realizar un estudio con duración de 30 días, para determinar las causas que generan variabilidad del proceso como métodos, materiales, medio ambiente y operarios en el proceso de manejo de sustancias mediante la correcta secuencia de movimientos del brazo robótico.



Figura 4 – Interfaz de control presentada al usuario final.

5.1. Manipulación de carga

La resistencia del sistema y su desempeño son probados al realizar pruebas con diferentes elementos de pesos variados. Las cargas se trasladan de un lado a otro con el objetivo de probar que es seguro para llevar elementos contaminantes y peligrosos. El funcionamiento del sistema se valida con tres cargas diferentes en forma, peso y diámetro como se puede apreciar en la Tabla 3.

Para que el resultado de la prueba sea positivo, la pinza debe agarrar el objeto firmemente sin deslizarse y con la capacidad adicional de levantarlo; de lo contrario, se considera fallido. Como se puede apreciar todos los objetos pudieron ser atrapados por la pinza del brazo robótico, pero al sostener la botella de desengrasante no se tuvo la firmeza adecuada por el peso de la carga y el experimento fue fallido.

Ítem	Descripción	Diámetro	Peso	Estado
1	Botella plástica con cloro	0.18 m	1.71 Kg	Aprobado
2	Botella de desengrasante	0.08 m	2.12 Kg	Fallido
3	Contenedor de elementos cortopunzantes	0. 14 m	1.39 Kg	Aprobado
4	Contenedor con compuesto tóxico	0.09 m	0.96 Kg	Aprobado

Tabla 3 – Pruebas experimentales con carga

5.2. Retardo en el Movimiento

Otro factor importante a tomar en cuenta es el tiempo de respuesta que posee el robot ScorBot ante la variación de los sensores Flex al percibir los movimientos del operador

que se genera en el guante. En la Tabla 4 se detallan los periodos obtenidos de reacción del autómata ante los movimientos de la mano del operario.

N. de puestas en marcha	Tiempo (seg)
1	3.76
2	2.90
3	3.10
4	3.52
5	3.68
6	3.01
7	3.40
8	2.99
9	3.80
10	3.15
Promedio	3.33

Tabla 4 – Toma de tiempos de respuesta del ScorBot ER-4U al realizar movimientos con el guante.

Las 10 tomas de datos hechas representan el número de observaciones y el tiempo que el operario genera el movimiento con el guante y el brazo robótico responde. En promedio se obtiene que el SCORBOT ER-4U funciona en un tiempo de 3.33 segundos después de ser enviada la señal. De estos valores se obtiene que existe un aprovechamiento estimado de la comunicación inalámbrica, pero sin embargo se muestra un punto de partida para iniciar con mejoras en la reducción de este tiempo.

Los tiempos de retardo que ocurren en un sistema de control en red afectan su rendimiento e incluso pueden causar inestabilidades del mismo, es por esta razón que la presente investigación prioriza este análisis. El ciclo de comunicación corresponde al tiempo comprendido entre el envío por parte del controlador principal del primer conjunto de trayectorias de referencias y del último mensaje de estado recibido del controlador remoto.

6. Conclusiones

Este estudio muestra el uso del guante con sensores resistivos conjuntamente con dispositivos XBee para la comunicación inalámbrica en tiempo real. En este caso el brazo realiza movimientos programados de acuerdo a la señal emitida mediante el guante o a su vez secuencias grabadas previamente que representan una parte de un proceso prestablecido. La correcta conexión con el programa Unity permite tener la visualización en la PC de los movimientos que tiene el ScorBot ER-4U, teniendo en cuenta que se tiene una herramienta que permite manipular el ángulo de su movimiento. Esta visualización tiene la ventaja de ser activada sin tener acceso a la presencia real del ScorBot ER-4U.

El uso de los módulos XBEE facilitan la manera de comunicarse inalámbricamente uno con el otro, a través de la utilización del protocolo de red IEEE 802.15.4 establece la comunicación con el módulo conectado en el computador y el módulo que se encuentra en el guante del operador, para generar los movimientos establecidos y transmitirlos al autómata. Todo esto en un mínimo de tiempo, logrando resultados rápidos y precisos. Como caso de estudio se ha aplicado esta propuesta al campo militar, donde se ha obtenido la retroalimentación necesaria para presentar una propuesta válida, a pesar de ser el primer prototipo desarrollado. Las pruebas experimentales confirman la fiabilidad del sistema, ya que se trata de mecanismo resistente que puede manipular objetos que poseen en su interior sustancias consideradas peligrosas por su composición química y biológica.

A pesar de haber obtenido un tiempo de retardo de 3.33 segundos, la tarea encomendaba ha sido realizada exitosamente. Como trabajo futuro, se pretende evaluar esta propuesta de comunicación en otros contextos de aplicación, en donde se requiera la manipulación de una o varias sustancias químicas peligrosas que demanden ser monitoreadas desde largas distancias utilizando sensores en todo el brazo, con movimientos más exactos y precisos. Además, se pretende reducir el tiempo de retardo con la intención de intervenir en la manipulación de objetos peligrosos (bombas) que requieren mayor precisión.

Agradecimiento

Los autores desean agradecer a la Universidad Técnica de Ambato (UTA) y a la Dirección de Investigación y Desarrollo (DIDE) bajo el proyecto PFISEI 26 y a la Universidad Internacional de la Rioja por el apoyo para desarrollar este trabajo.

Referencias

Buele, J., Espinoza, J., Bonilla, R., Salazar-C, E., Pérez-L, V., & Salazar-L, F. (2019). Cooperative control of robotic spheres for tracking trajectories with visual feedback. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, *E19*, 134-145.

Dos Anjos, G. A., Santos, G. A., Amado, J. A. D., & Marques, J. E. S. (2016). Haptic glove development for passive control of a robotic arm. *2016 IEEE XXIII International Congress on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON)*, 1-6. IEEE.

Gómez, O. F., & Gómez, U. E. (2017). Simulación Cinemática de un Robot Seguidor de Línea para el Desarrollo del Videojuego de Programación Rusty Roads en el Framework Unity. *Información tecnológica, 28(5)*, 55-64.

Kazemi, M. S., & Dominguez, M. J. (2016). Simulation and evaluation of neuro-controllers applied in a SCORBOT. *2016 IEEE International Conference on Automatica (ICA-ACCA)*, 1-9. IEEE.

Kolling, A., Walker, P., Chakraborty, N., Sycara, K., & Lewis, M. (2015). Human interaction with robot swarms: A survey. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems, 46(1)*, 9-26.

Kumar, D. R., & Kumar, D. (2017). VNC server based robot for military applications. *2017 IEEE International Conference on Power, Control, Signals and Instrumentation Engineering (ICPCSI)*, 1292-1295. IEEE.

Franklin Salazar, L., Buele, J., Velasteguí, H. J., Soria, A., Núñez, E. E. T., Benítez, C. S., & Orejuela, G. Teleoperation and Remote Monitoring of a ScorBot ER-4U Robotic Arm in an Academic Environment. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 8(6C)*, 40-45.

Marchant, G. E. et al. (2015). International governance of autonomous military robots. *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles,* 2879-2910.

Nahavandi, S., Mullins, J., Fielding, M., Abdi, H., & Najdovski, Z. (2015, September). Countering Improvised Explosive Devices through a multi-point haptic teleoperation system. In *2015 IEEE International Symposium on Systems Engineering (ISSE)* (pp. 190-197). IEEE.

Ng, J. J. (2018). Statistical process control chart as a project management tool. *IEEE Engineering Management Review, 46(2)*, 26-28.

Perdomo, E. G., Cardozo, M. Á. T., Fernández, M. N., & Serrezuela, R. R. (2018). Application and Automation of a Sequential Biological Reactor by Means of Programmable Logic Controller Using Petri Networks. *Contemporary Engineering Sciences, 11*, 2283-2295.

Ramos, J. M. O., & Mariño, C. J. S. (2015). Brazo inalámbrico para procesos industriales de alto riesgo. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías, 7(2)*, 138-144.

Reyna, M. A., Lima, C. I., Avitia, R. L., & Bravo, M. E. (2016). Wireless transmission of ECG biopotentials using XBee technology. *2016 Global Medical Engineering Physics Exchanges/Pan American Health Care Exchanges (GMEPE/PAHCE)*, 1-4. IEEE.

Rezeck, P., Cadar, F., Soares, J., Frade, B., Pinto, L., Azpurua, H., ... & Campos, M. F. M. (2018, November). An Immersion Enhancing Robotic Head-Like Device for Teleoperation. In *2018 Latin American Robotic Symposium, 2018 Brazilian Symposium on Robotics (SBR) and 2018 Workshop on Robotics in Education (WRE)* (pp. 164-169). IEEE.

Segura et al. (2020). Virtual Environment for Remote Control of UGVs Using a Haptic Device. *Developments and Advances in Defense and Security*, 521-531. Springer.

Szabo, R., & Gontean, A. (2017). SCORBOT-ER III robotic arm control with FPGA using image processing with the possibility to use as them as sun trackers. *2017 40th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP)*, 563-566. IEEE.

Trevelyan, J., Hamel, W. R., & Kang, S. C. (2016). Robotics in hazardous applications. *Springer handbook of robotics*, 1521-1548.

Zanoli, S. M., Barboni, L., Cocchioni, F., & Pepe, C. (2018). Advanced process control aimed at energy efficiency improvement in process industries. *2018 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, 57-62. IEEE.

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

Recebido/Submission: 21/12/2019
Aceitação/Acceptance: 28/02/2020

Geopolítica Espacial. Ecuador ¿Un lugar idóneo para una plataforma de lanzamiento espacial?

Christian Sebastián Ortiz Guerra[1,2,3]

2212.sion@gmail.com

[1] Instituto de Altos Estudios Nacionales, Av. Amazonas y Villalengua, 170507, Quito, Ecuador.

[2] Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, Izamba, Ambato Ecuador.

[3] Comando de Educación y Doctrina Militar Aeroespacial, Av. La Prensa y Carlos V, 170512, Quito, Ecuador.

Pages: 325–334

Resumen: El presente artículo se centra en realizar un análisis de geopolítica espacial, considerando la aproximación teórica actual. Una perspectiva mundial del uso efectivo del espacio ultraterrestre, desde el punto de geopolítica espacial. Y, por último, se realiza un análisis del Ecuador frente a la geopolítica espacial, sus posibilidades para el establecimiento de una plataforma de lanzamiento espacial, analizado desde varios aspectos.

Palabras-clave: Geopolítica espacial; Astropolítica; Ecuador; Espacio Ultraterrestre

Space Geopolitics. Ecuador, an ideal place for a space launch platform?

Abstract: The present article focuses on an analysis of space geopolitics, considering the current theoretical approach. A global perspective of the effective use of outer space, from the point of space geopolitics. Finally, an analysis of Ecuador in space geopolitics, its possibilities for the establishment of a space launch platform, analyzed from several aspects.

Keywords: Space Geopolitics; Astropolitics; Ecuador; Outer Space

1. Introducción

Ecuador es un país que por su posición geográfica, tiene muchas ventajas ante otros países del mundo y una de estas, es la proyección hacia el espacio ultraterrestre, específicamente a la órbita espacial geoestacionaria. Esta posición geográfica, sirvió para que en la Segunda Guerra Mundial, parte de su territorio sea utilizado por Estados Unidos. Estos aspectos geopolíticos clásicos, se traducen en la geopolítica espacial,

que ya son una realidad en muchos países del mundo y que se debe considerar dentro de las políticas públicas del país. Dentro de este análisis, podremos observar si el Ecuador puede ser considerado como un lugar idóneo para una plataforma de lanzamiento espacial.

2. Aproximación Teórica

El ingreso de la humanidad hacia el espacio ultraterrestre, fue marcado desde la Guerra Fría y es desde esa época hasta la actualidad, que se ha visto como diferentes países del mundo, han ingresado a esta Era Espacial, en el contexto de las nuevas oportunidades y amenazas, preguntas sobre la seguridad, gobernanza y relaciones de poder en el espacio (Al-Rodhan, 2012: 4).

Al final de la Guerra Fría, se consideraba que las amenazas ya no eran de carácter militar, mientras tanto, se multiplicaban aquellas de tipo no armado. Los principales síntomas que llevaban a esta conclusión, eran: el deterioro del medio ambiente, la extrema pobreza, la propagación de pandemias, la explotación de las diferencias culturales religiosas y étnicas para generar conflictos (Le Dantec Gallardo, 2007: 78).

El espacio exterior ha adquirido su propio significado recientemente, cuando nosotros, los humanos, tuvimos éxito en ocupar lugares fuera de la Tierra (Arnheim, 1991: 73). El creciente interés por el espacio exterior, tendrá a mediano plazo un nuevo vértice a tener en cuenta en las dinámicas geopolíticas globales, como un nuevo espacio geográfico sujeto a confrontación y múltiples posibilidades (Gallego, 2013: 31).

De esta manera, nace un nuevo modelo conocido como Astropolítica, el cual está definido como una teoría determinista política y que manipula la relación entre el poder estatal y el control del espacio exterior, con el propósito de extender el dominio de un solo Estado, que en este caso es Estados Unidos, sobre la Tierra (Al-Rodhan, 2012: 7), esta definición la emitió Everett Dolman. Este mismo autor hace una comparación a la Astropolítica con la teoría de Mackinder, e indica que la Astropolítica inicia con la demarcación de las regiones del espacio exterior. El potencial recurso del espacio, como el "Heartland" es tan grande, que cualquier Estado que podría efectivamente controlarlo, podría dirigir destinos políticos, militares y económicos de todos los gobiernos terrestres (Dolman, 1999: 91).

La Astropolítica define 4 regiones en el espacio: a) Terra o Tierra; b) Terran o Espacio de la Tierra; c) Lunar o Espacio Lunar; y d) Espacio Solar. La primera región, se encuentra desde la superficie terrestre hasta justo debajo de la más baja altitud capaz de soportar orbitas sin potencia, conocida como la línea de jurisdicción primaria, llamada también línea Kármán (Dolman, 1999: 92, 105).

Es conocido que la política espacial está íntimamente conectada hacia realidades terrestres. La Unión Europea entiende la necesidad para el desarrollo de la independencia del programa espacial, como un activo valioso para la implementación de políticas en tres áreas amplias que incluyen trabajos y crecimiento industrial, la reunión de desafíos clave (competitividad industrial, innovación tecnológica, investigación, seguridad espacial, exploración espacial, cooperación internacional) y la inversión en el futuro (Doboš, 2018: 107, 110).

Para que se logre concretar el uso del espacio exterior, es necesario el aporte de muchos profesionales en diferentes áreas, tales como: astrofísicos, matemáticos, cartógrafos, geólogos, meteorólogos, químicos, médicos, también veterinarios, publicistas y hasta sicólogos. Pero hay que tener conciencia que solamente el Estado es el que podría soportar el coste de proyectos, sobre todo porque el tipo de inversión para el espacio ultraterrestre, en muchas ocasiones no se obtienen réditos en el corto o mediano plazo, si es que se obtienen (Gallego, 2013: 33).

El espacio exterior tiene el ambiente en el cual existen muchas posibilidades y una cantidad de recursos muy fructíferos en significados metafóricos, así como también, posibilidades infinitas de libertad y oportunidades. La idea de preservar ciertas áreas geográficas como santuarios desmilitarizados tiene un árbol genealógico histórico, tan viejo como la Era Espacial. Para poder alcanzar este objetivo, se han desarrollado algunos tratados, tales como el Tratado del Espacio Exterior de 1967, pero el primero fue el Tratado Antártico de 1959. Todos estos tratados se basan en la creencia deseable de mantener ciertas partes del ambiente humano, como santuarios en términos de actividad militar (Sheehan, 2007: 6).

Es importante indicar que el espacio ultraterrestre se ha convertido en uno de los cinco distintos espacios estratégicos interconectados, entre otros: la tierra, el mar, el aire y el ciberespacio. Al entender las características cruciales de la presencia de la humanidad en el espacio exterior en el contexto del conocimiento geopolítico, nos ayudará a realzar las posibilidades del desarrollo europeo en este dominio específico y desafiante, verificar sus fortalezas, debilidades y opciones estratégicas que se debe enfrentar (Doboš, 2018: 2).

El espacio exterior cada vez está más congestionado y en disputa, creando muchas inseguridades: carrera armamentista, desechos espaciales, competencia geopolítica, entre otras (Al-Rodhan, 2012), ya que este espacio ofrece posicionamiento y ventaja geoestratégica sobre potenciales rivales.

3. Una perspectiva mundial

El posicionamiento de las grandes potencias mundiales en el espacio ultraterrestre, se hacen visibles y muy obvias desde el lanzamiento del Sputnik I en 1957, mismo que dio inicio a la Carrera Espacial. Y es con el pasar de los años que tanto Estados Unidos, como Rusia, en estos tiempos son los países que tienen más fuerza y presencia en el espacio ultraterrestre. Por ejemplo, tenemos la constelación de satélites de Estados Unidos conocido como Global Positioning System (GPS) y su similar ruso Global Navigation Satellite System (GLONASS) (Sabathier & Faith, 2007: 150), constelaciones que tienen innumerables usos alrededor del mundo.

Estados Unidos no ha dejado atrás la importancia estratégica que significa el control del espacio ultraterrestre, y es tan importante el tema, que su actual presidente, Donald Trump, en declaraciones ante el Consejo Nacional del Espacio, el 18 de junio del 2018 ordenó iniciar la creación de la Sexta Fuerza, que sería la Fuerza Espacial, para unirse a las existentes: Fuerza Aérea, Terrestre, Naval, Guardia Nacional y Marines, e indicó lo siguiente: “Nuestro destino más allá de la Tierra no es solo una cuestión de identidad, es una cuestión de defensa nacional” (Ortiz, Merino, Jiménez, & Reyes, 2019: 426).

Después de la Guerra Fría, muchos analistas y observadores predijeron que el siguiente disturbio geopolítico, ocurriría entre China y los Estados Unidos. A lo largo de los años 90, también algunos analistas políticos y militares, exploraron la posibilidad de compromiso entre Estados Unidos y China. Este punto de vista, en parte, reemplazó la visión de antagonismo polarizado de la Guerra Fría, entre Rusia y Estados Unidos. Sin embargo, los ataques terroristas del 11 de septiembre del 2011 (9/11), desviaron la atención hacia el Medio Este, en una lucha en contra del terrorismo (Da Costa, 2016: 90-91).

Con los diferentes enfrentamientos que se dieron con las dos súper potencias, Rusia y Estados Unidos, China se abrió un lugar en la Era Espacial. Es así que, aunque este país no avanzó a la misma velocidad que los pioneros, comenzó a desarrollar su propio programa espacial tripulado. Luego de su paso lento pero firme hacia el espacio exterior, en el año 2003 Yang Liwie, un piloto de combate chino, se convierte en el primer taikonauta (astronauta en chino) en ser enviado al espacio exterior, y de esta manera, China se convierte en el tercer país del mundo en enviar un humano al espacio ultraterrestre (Sánchez, 2017).

A pesar de la predominancia original de la URSS y de los Estados Unidos en la utilización del espacio ultraterrestre, entre los años 1960 y 1970, otros actores se han unido a los países capaces de desarrollar ingenios espaciales. Europa fue la primera representada por las agencias espaciales nacionales de sus miembros (países), así como por las instituciones intergubernamentales, que luego se transformó en la Agencia Espacial Europea (Doboš, 2018: 1-2).

Para Europa es crucial no dejar la oportunidad de participar en el futuro desarrollo espacial. Dado el progreso tecnológico, nuevas fronteras se han abierto y el inminente interés europeo de ser parte de esta aventura. Las nuevas misiones influenciarán en la geopolítica del espacio exterior (si el dominio socioeconómico o militar-diplomático, prevalecen) (Doboš, 2018: 132)

La Oficina de Asuntos de Desarme de las Naciones Unidas apoya la labor que realizan los Estados Miembros para prevenir una carrera armamentista en el espacio ultraterrestre. La Oficina actuó como secretaría del Grupo de Expertos Gubernamentales en lo referente a las medidas de transparencia y fomento de la confianza en las actividades relativas al espacio ultraterrestre y ofreció apoyo administrativo y sustantivo al Grupo (Naciones Unidas, 2019).

Brasil, un país latinoamericano que se ha destacado en el ámbito espacial, ha participado activamente en la Comisión de Desarme de la ONU, especialmente en el ámbito del espacio ultraterrestre. Con el fin de facilitar la aplicación de las medidas de transparencia y fomento de la confianza en las actividades relativas al espacio ultraterrestre y promover su posterior desarrollo, el grupo de expertos gubernamentales, del cual Brasil fue parte, recomendó establecer un sistema de coordinación entre la Oficina de Asuntos de Desarme, la Oficina de Asuntos del Espacio Ultraterrestre y otras entidades competentes de las Naciones Unidas (Naciones Unidas, 2019).

Este país ha enviado algunos satélites al espacio ultraterrestre, mismos que han cumplido algunas misiones, destacando su utilidad en los ámbitos: ambientales (deforestación,

control de incendios en la región amazónica, monitoreo de recursos hídricos), científicos, comunicaciones (internet), defensa (proyectos estratégicos). En noviembre del año 2019, el Plenario del Senado Brasileño, aprobó el Acuerdo de Salvaguardias Tecnológicas (AST) firmado entre Brasil y Estados Unidos. Este acuerdo garantiza la protección de las tecnologías de los Estados Unidos utilizadas en los cohetes que no son de guerra y los componentes que se lanzarán desde el Centro Espacial Alcântara (CEA), lo que permite el uso comercial del centro. La ventaja de utilizar el CEA es que este centro tiene una ubicación geográfica privilegiada a 2 ° 18 ' de la línea Ecuador, lo que ahorra hasta un 30 % de combustible en comparación con otros lanzamientos en varias partes del mundo (Agencia Espacial Brasileña, 2019)

A pesar de que estos acuerdos se realizan en un marco de cooperación mutuo, y que no se considera una carrera armamentista en el espacio ultraterrestre, existen muchas críticas al respecto por el acercamiento de un país latinoamericano hacia Estados Unidos, especialmente con el actual presidente, mismo que abiertamente ha declarado que el control del espacio exterior, es considerado estratégico para la defensa de mencionada potencia.

Argentina también ha ingresado a la Era Espacial con la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), organismo del Estado Nacional que se encarga de la competencia para proponer las políticas y ejecución de las actividades en el área espacial con fines pacíficos en todo el ámbito, de la República Argentina. Este país ha llevado a cabo 4 misiones satelitales en serie que han servido para temas como: rango óptico, tecnológica, observación de la Tierra, y de astrofísica mismo que no cumplió su misión debido a una falla (CONAE, 2019).

Este país, a través de su agencia espacial, ha tenido proyectos conjuntos con CONAE-NASA, aportes de instrumentos de carga útil de NASA, ASI (Agencia Espacial Italiana), CNES (Centro Nacional de Estudios Espaciales-Francia), DSRI (Instituto Danés de Investigaciones Espaciales), CSA (Agencia Espacial Canadiense) (CONAE, 2019).

Se han tomado en cuenta estos dos países sudamericanos, para resaltar la cooperación extranjera que se tiene y el mutuo beneficio que se puede obtener con este tipo de acciones, aunque para la opinión internacional, puede verse como algo perjudicial para el continente, y estos países que se han beneficiado con tecnología, pueden ser considerados como "países sometidos por el imperio estadounidense" en desmedro de la soberanía nacional, aunque estos mismos han sabido aclarar que su soberanía se mantiene intacta.

4. El Ecuador y la Geopolítica Espacial

En lo que respecta a Ecuador, como un protagonista en la historia mundial, podría indicarse que existe un hecho puntual que considera al Archipiélago de Colón o Islas Galápagos, que formaron parte de la historia en la Segunda Guerra Mundial. Y si consideramos a Alfred Mahan, la Política Naval Norteamericana y Galápagos, tenemos un poco de historia de lo que sucedió en esa época (Luna, 1997).

Historiadores norteamericanos fijan el año de 1898, con William Mckinley y luego con su sucesor, Teodoro Roosvelt como presidente de los EE.UU., el inicio de la

fase expansionista de su país; así como también, la declaración de la guerra contra España, por parte del Ecuador con su presidente Eloy Alfaro, como puntos decisivos e importantes. El mentalizador reconocido por su autoridad de la estrategia del mar y sus doctrinas, Alfred Mahan, indicó que los Estados Unidos necesitan, para su protección, bases navales y "tanto si América lo quiere como si no lo quiere, es preciso que empiece a buscar ya, desde este momento, donde se encuentran" (Luna, 1997). Roosvelt fue uno de los más decididos para la construcción del Canal de Panamá y a su fortificación, pero también indicó:

> *"Nosotros construiremos el Canal ahora, dotándole de adecuada fortificación, y confiemos en la inteligencia de las futuras generaciones de nuestro pueblo el mantenerlo debidamente fortificado contra toda posibilidad de un ataque hostil. Nosotros construimos el Canal, el futuro lo defenderá" (Luna, 1997: 186).*

Pero había que preparar esa defensa, y los medios más adecuados para obtener ese fin, era la adquisición de las Islas Galápagos. En julio de 1938, arriba a la Isla Isabela (Galápagos) el crucero U.S.S. Houston, a bordo el Presidente Roosevelt. Un periodista chileno expresó a la opinión pública que Ecuador permitiría que los Estados Unidos, adquiera las Islas Galápagos, como parte de un programa de defensa destinado a desalentar de cualquier intención de Japón en desembarcar en las Islas (Luna, 1997).

La calificación de bastión estratégico de importancia para la defensa del Canal de Panamá por parte de EE.UU. se materializó con la ocupación de una de las Islas, Baltra, conocida como Seymour en la cartografía inglesa, el 12 de diciembre de 1941, luego del ataque japonés a Pearl Harbor. Esta base estadounidense ganó notoriedad debido a que, en ese lugar, se estableció la base aéreo-naval del Pacífico Sudeste más grande hasta finales de 1948. A Baltra se le asignó la 6th Fuerza Aérea, que cubría los territorios americanos del Caribe, Centroamérica, Puesto Rico, las Antillas, Guayanas, el Pacífico Sudeste y Galápagos, con la misión más difícil de la guerra del Pacífico, que era el defender el Canal de Panamá (Idrovo, 2008).

El 30 de junio de 1946, posterior a la finalización de la Segunda Guerra Mundial, el Presidente del Ecuador José María Velasco Ibarra, solicita la entrega de la base a autoridades civiles y militares ecuatorianas. Militares estadounidenses inutilizan la base y arrojan al mar (Canal de Itabaca) vehículos, maquinarias y todo tipo de materiales usados en la ocupación de las islas (Idrovo, 2008).

Esta sinopsis histórica hace notar que Estados Unidos tuvo una pretensión de adueñarse y ocupó efectivamente este territorio ecuatoriano, por considerarlo un lugar estratégico para defender intereses norteamericanos. Ahora imaginemos estas mismas pretensiones para fines geopolíticos.

Avanzando un poco más en el tiempo, en lo que corresponde a los tratados internacionales, es necesario crear la legislación respectiva dentro del país y es así que, el 14 de enero de 1969, se firmó el decreto presidencial, donde se autorizaba al Ecuador a la adhesión al Tratado sobre los Principios que Gobiernan las Actividades de los Estados en la Exploración y Uso del Espacio Exterior, incluyendo la Luna y otros Cuerpos Celestes.

Este decreto se alineaba al espíritu de mencionado tratado, lo que se suponía un inicio a la cooperación, uso y explotación del espacio ultraterrestre por parte del Ecuador.

Más tarde, para el año de 1976, en la ciudad de Bogotá se reúnen 8 países, cuya principal característica, es que son países por los cuáles cruza la línea ecuatorial o Ecuador. Esta particularidad geográfica, los hace emitir una reclamación ante la Organización de las Naciones Unidas, especialmente por el estudio de algunos aspectos: a) La órbita geoestacionaria como recurso natural; b) La soberanía de los Estados Ecuatoriales durante los correspondientes segmentos de la órbita geoestacionaria; c) El estado jurídico de la órbita geoestacionaria; d) El Tratado de 1967; y e) La acción Diplomática y Política. El resultado de esta reunión es la denominada "Declaración de Bogotá", misma que se puede resumir en:

> *"Los representantes de los países ecuatoriales que asistan a la reunión en Bogotá, desean dejar claro su posición con respecto a las declaraciones de Ecuador y Colombia en las Naciones Unidas, que afirman que consideran la órbita geoestacionaria a ser parte integrante de su territorio soberano; esta declaración es un fondo histórico para la defensa de los derechos soberanos de los países ecuatoriales" (Outer & Law, 2014).*

De esta manera, el Ecuador hace presencia como un país soberano, ante lo que implica la órbita geoestacionaria, hecho que intrínsecamente lo incluye en la Geopolítica Espacial de la época, misma que poco a poco fue desarrollándose y tendiendo cambios significativos para el mundo, especialmente para las grandes potencias mundiales.

Siendo la Constitución Política de la República del Ecuador, el documento base de las leyes en el país, en el Artículo 4 de la misma, se puede observar que "el Estado ecuatoriano ejercerá derechos sobre los segmentos correspondientes de la órbita sincrónica geoestacionaria" (Asamblea Nacional, 2008), situación que aunque está claramente indicado, no se observa políticas públicas que respalden este tema.

La creación del Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE), como una entidad adscrita al Ministerio de Defensa Nacional en el año 2012, tenía como objetivos principales la investigación y desarrollo de la tecnología y la Cultura Espacial. Se abrían puertas para que el Ecuador ingrese de manera efectiva a estrechar lazos de cooperación con otras agencias espaciales y obtener beneficios del uso del espacio ultraterrestre. Estas pretensiones no duraron mucho tiempo, en vista que, en abril del 2019 fue suprimido por decreto presidencial y las funciones del mismo, pasaron a ser asumidas por el Instituto Geográfico Militar (IGM).

En una de las conferencias organizadas por el IEE el 18 de agosto del 2018, personeros chinos de la empresa China Academy of Space Technology (CAST), expusieron que existían algunas ventajas por la ubicación del Ecuador, siendo el uso del combustible una de las más grandes ventajas; asimismo, la plataforma de lanzamiento, si fuese el caso, podría ubicarse en Quito, por la altura de la ciudad y por estar el país en un lugar céntrico, refiriéndose a la línea ecuatorial, sería más fácil que un satélite ingrese en órbita con mayor rapidez. La desventaja que ellos indicaron, fue que la dirección del lanzamiento debe hacerse hacia el ESTE, lo que significaría que, al momento de que el ingenio espacial despegue, sobrevolaría Perú y Brasil. De llegar a existir algún

inconveniente de la caída del artefacto, lo haría sobre territorio continental, lo que ocasionaría graves problemas físicos o políticos (Ortiz et al., 2019: 428).

A finales del mes de mayo del año 2019, declaraciones del Ministro de Defensa, Oswaldo Jarrín, causaron algunas dudas e incertidumbre, al indicar q las Islas Galápagos son para Ecuador un portaaviones natural, porque asegura permanencia, reabastecimientos, facilidades de interceptación y está a 1000 km de las costas. Lo hizo anunciando la cooperación de EE.UU. con Ecuador para la lucha contra el narcotráfico, crimen trasnacional organizado, entre otros puntos; donde operarán aviones Orión P3 en casos específicos, con tiempos y rutas controlados por Ecuador. Se descartó de antemano la colocación de una base extranjera en territorio ecuatoriano, mismo que está prohibido por la Constitución Política de la República.

Es ampliamente conocido que el Ecuador, con el nuevo gobierno, ha dejado atrás las disputas con Estados Unidos y que cualquier tipo de cooperación, especialmente en el ámbito tecnológico o económico, será analizado para fortalecer los lazos de cooperación mutua entre los dos países, obteniendo ventajas de un país mucho más adelantado. Pero para Estados Unidos, tener presencia en un país latinoamericano, implica también tener ventajas geopolíticas sobre sus directos rivales, como Rusia y China, que también han tratado de posesionarse en algunos lugares del mundo.

No podemos descartar también que la Cultura Espacial en el Ecuador es un tema poco conocido, que no está en el discurso de líderes políticos ni de la prensa. Que la Declaración de Bogotá ha sido prácticamente olvidada y que se ve muy lejana la pretensión como país, del ingreso efectivo hacia el espacio ultraterrestre.

Entonces, se vienen algunas interrogantes que se tiene como país, una de ellas: ¿Es posible que el Ecuador pueda tener una plataforma de lanzamiento en su territorio? Geográficamente, es un hecho irrefutable que el Ecuador, tiene una gran ventaja al encontrarse directamente sobre la línea ecuatorial. Geopolíticamente, algunos países (China, Estados Unidos) tendrían grandes ambiciones al poder posicionarse físicamente sobre territorio ecuatoriano, por ejemplo, las Islas Galápagos (ya lo hizo EE.UU. en la Segunda Guerra Mundial), así como también a Ecuador, le interesaría proyectarse hacia el mundo, como un lugar donde se puede alcanzar el espacio ultraterrestre. En la parte ambiental, se puede observar algunos inconvenientes si se toma como referencia a las Islas Galápagos, considerado un Patrimonio Natural de la Humanidad desde 1978, por ser un santuario de flora y fauna única en el mundo. Los detractores políticos del actual gobierno, también pondrían un freno, aduciendo la interferencia extranjera (bases) en territorio ecuatoriano, situación expresamente prohibida en la Constitución.

Mientras que en el Ecuador no exista una Cultura Espacial sólida, con leyes que puedan sostener sus políticas públicas, la Geopolítica Espacial en el mundo avanza a pasos agigantados. Existen pocos países sudamericanos que no están interesados en el tema espacial, dejando relegado al Ecuador en muchos aspectos: tecnológicos, económicos, geopolíticos, militares, entre otros; al no hacer uso efectivo del espacio ultraterrestre, la última frontera conocida y altamente explotada en la actualidad.

5. Conclusiones

El nacimiento de la Era Espacial, ha hecho que la humanidad levante su mirada hacia el espacio ultraterrestre, esta última frontera conocida que ha traído muchos beneficios para la humanidad, así como también, se convierta en un espacio de disputa territorial por las grandes potencias, especialmente por parte de Estados Unidos, Rusia, China y la Unión Europea. Evoluciona la geopolítica clásica con el contexto espacial, surgiendo la geopolítica espacial o Astropolítica, términos nuevos que ya forman parte del léxico de los países mencionados.

Países de todo el mundo han propuesto un cambio significativo en sus políticas, para ajustarlas y enfocarlas en una Cultura Espacial, que se ve reflejada en el lanzamiento de muchos ingenios espaciales y el efectivo uso del espacio ultraterrestre. Detrás de esta logística, existen leyes, políticas públicas y todo un país convencido que se puede lograr mucho a través de los satélites, situación que los posesiona geopolítica, tecnológica y económicamente en el mundo.

Ecuador es un país privilegiado geográficamente, al encontrarse exactamente sobre la línea ecuatorial, situación que coadyuvaría a la colocación de una plataforma de lanzamiento espacial. Geopolíticamente, grandes potencias mundiales podrían interesarse en posicionarse en un país que tiene desventajas tecnológicas y económicas con respecto a sus pares regionales. La falta de Cultura Espacial del país, no le ha permitido salir adelante en este tema, el cual el mundo ya está muy adelantado.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Referencias

Agencia Espacial Brasileña. (2019). Programa Espacial Brasileño. Satélites. https://bit.ly/2EXHcfB.

Al-Rodhan,N.R.F. (2012).Meta-Geopolitics of Outer Space. https://doi.org/10.1057/9781137016652.

Arnheim, R. (1991). Outer Space and Inner Space. Leonardo, 24(1), 73. https://doi.org/10.2307/1575472.

Asamblea Nacional. (20 de Octubre de 2008). Constitución de la República del Ecuador. Registro Oficial 449.

CONAE. (2019). Comisión Nacional de Actividades Espaciales. https://bit.ly/2MEftoJ.

Da Costa, D. L. P. G. (2016). Chinese Geopolitics: Space Program Cooperation among China, Brazil, and Russia. Astropolitics, 14(1), 90–98. https://doi.org/10.1080/14777622.2016.1148465.

Doboš, B. (2018). Geopolitics of the Outer Space: A European Perspective. Prague, Czech Republic.

Dolman, E. C. (1999). Geostrategy in the space age: An astropolitical analysis. Journal of Strategic Studies, 22(2–3), 83–106. https://doi.org/10.1080/01402399908437755.

Gallego, M. (2013). Hacia una geopolítica del cosmos: confrontación multipolar en la última frontera geográfica y tecnológica., 4, 30–45.

Idrovo, H. (2008). Baltra-Base Beta. Galápagos y la Segunda Guerra Mundial. Quito: Ministerio de Cultura.

Le Dantec Gallardo, F. (2007). Contribución de la geopolítica crítica a la comprensión de la actual concepción de seguridad. Revista Política y Estrategia,108,71–82. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5625304

Luna, A. (1997). Historia Política Internacional de las Islas Galápagos. Quito: Abya-Yala.

Naciones Unidas. (2019). Oficina de Desarme de las Naciones Unidas. UNODA. Espacio Exterior. https://bit.ly/2ZC2jh5.

Ortiz, C., Merino, T., Jiménez, A., & Reyes, M. (2019). Visión Geopolítica del Ecuador, frente al uso del Espacio Ultraterrestre. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, 421–430.

Outer, I., & Law, S. (2014). Declaración de la primera reunión de los países ecuatoriales., 1, 61–65.

Sabathier, V., & Faith, G. R. (2007). Present and Future Human Expansion into Outer Space. Brown Journal of World Affairs, 14(1), 147–157. http://hub.tbs-education.fr/login?url=http%3A%2F%2Fsearch.ebscohost.com%2Flogin.aspx%3Fdirect%3Dtrue%26db%3Dbth%26AN%3D33119799%26lang%3Dfr%26site%3Dehost-live%26scope%3Dsite

Sánchez, S. (2017). Este es el mapa con todos los lanzamientos espaciales de la Historia. https://bit.ly/2My6OUQ.

Sheehan, M. (2007). The International Politics of Space.

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

Recebido/Submission: 27/11/2019
Aceitação/Acceptance: 25/01/2020

Guía práctica para el análisis de vulnerabilidades de un entorno cliente-servidor GNU/Linux mediante una metodología de pentesting

Jesús Andrés Ovallos-Ovallos[1], Dewar Rico-Bautista[2], Yurley Medina-Cárdenas[2]

j.ovallos@unisimonbolivar.edu.co, dwricob@ufpso.edu.co, ycmedinac@ufpso.edu.co

[1] Universidad Simón Bolivar, Av 3 #13-34, Br La Playa, 540006, Cúcuta, Colombia.

[2] Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Sede Algodonal Vía Acolsure, 546551, Ocaña, Colombia.

Pages: 335–350

Resumen: La seguridad de la información se ha convertido en uno de los temas centrales de toda organización en especial si esta se transmite a través de la red. Tomando en cuenta que el principal activo de estas organizaciones es la información, se hace necesario no escatimar esfuerzos para blindar a dicho elemento de eventos que busquen crear daño. En la red se encuentra todo tipo de amenazas que buscan vulnerar cualquier sistema. Generalmente son ataques dirigidos por personas cuyo objetivo es crear caos y obtener beneficios económicos. Diferentes procesos se utilizan hoy en día para mejorar el trato que se le da a la información y su seguridad, desde aplicación de estándares hasta la certificación de estos procesos. Este artículo contiene un análisis de vulnerabilidad a un entorno Cliente-Servidor con el fin de encontrar fallos de seguridad y gestionar los resultados en pro de la seguridad.

Palabras-clave: Evidencia digital; Análisis forense; seguridad informática; metodologías; delito informático.

A practical guide to analyzing vulnerabilities in a GNU/Linux client-server environment using a pentesting methodology

Abstract: Information security has become one of the central themes of any organization, especially if it is transmitted through the network. Taking into account that the main asset of these organizations is information, it is necessary to spare no effort to shield this element from events that seek to create damage. In the network there are all kinds of threats that seek to harm any system. They are generally attacks directed by people whose objective is to create chaos and obtain economic benefits. Different processes are used today to improve the treatment of information and its security, from the application of standards to the certification of these processes. This article contains a vulnerability analysis to a Client - Server environment in order to find security flaws and manage the results in favor of security.

Keywords: Digital evidence; Forensic analysis; computer security; methodologies; cybercrime.

1. Introducción

La seguridad de la información se ha convertido en uno de los temas centrales de toda organización. La información que viaja a través de las redes de comunicación diariamente se está viendo sujeta a procedimientos ilegales que buscan vulnerarla de alguna manera (Carter et al., 2014). Estas acciones son realizadas por expertos llamados intrusos informáticos a través de potentes herramientas de penetración de sistemas. Todos estos factores son riesgos inminentes para organizaciones e instituciones (Lyubimov, 2010). Teniendo en cuenta que el principal activo de estas organizaciones es la información, se hace necesario no escatimar esfuerzos para blindar a dicho elemento de eventos que busquen crear daño en él diferentes procesos se utilizan hoy en día para mejorar el trato que se le da a la información y su seguridad, desde aplicación de estándares hasta la certificación de estos procesos (Y. Medina-Cárdenas et al., 2016), (Y. C. Medina-Cárdenas & Rico-Bautista, 2016).

La mejor forma de estar preparados para posibles ataques es analizar la infraestructura de la empresa con pruebas de seguridad. Delimitando la temática hacia un entorno más técnico haciendo referencia en sí a la configuración de equipos, podemos a través de la realización análisis de vulnerabilidad periódicos identificar los puntos rojos en materia de seguridad. De ahí la importancia de que instituciones y organizaciones implementen este tipo de controles con el fin de garantizar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de su información. La seguridad de la información es quizás el factor más importante a tomar en cuenta a la hora de implementar una red de datos o un sistema (Boynton, 2007). La información representa el eje central de funcionamiento tanto de instituciones como de organizaciones, y los respectivos análisis permiten a dichas entidades entender el comportamiento de sus compañías. A través de pruebas de laboratorio en ambiente controlado y con el apoyo de metodologías de pentesting (Lobo-Parra et al., 2019), (Rueda-Rueda et al., 2019); como lo son el NIST SP 800-55 y el OSSTMM v.3, podemos realizar un análisis de vulnerabilidad sin comprometer ningún sistema real (Bonetti et al., 2013).

El resto del artículo está dividido cuatro secciones. En la sección dos se presenta la revisión de la literatura. En la sección tres se presenta la metodología aplicada. En la sección 4 se presentan los resultados y al final las conclusiones y el trabajo futuro

2. Revisión de la literatura

La seguridad de las TI es un tema frecuente al que se enfrentan las empresas en estos últimos meses. Valdez realiza el trabajo Auditorias de Seguridad Informática y la OSSTMM3 (Valdez, 2013), (Rico-Bautista et al., 2016). Se ha hablado de fallos de seguridad incluso en medios de comunicación no especializados, por ejemplo del fallo en el protocolo DNS (que tanta repercusión ha tenido) y el del no tan conocido BGP, lo cual hace ver, la importancia que está tomando la seguridad en la sociedad actual, y sobre todo en la de las empresas. Situándonos en este escenario, el proyecto que voy a realizar se centraría en auditorías de seguridad informática (en especial, de vulnerabilidades y tests de intrusión) (Alvernia Acevedo & Rico-Bautista, 2017), tomando como referencia, la metodología descrita por ISECOM: la Open Source Security Testing Methodology Manual (OSSTMM a partir de ahora). Teniendo en cuenta, que ésta es, quizás la metodología

más extendida en el campo, siendo además abierta, me ha resultado interesante tomarla como referencia. La primera pregunta que debemos responder antes de adentrarnos en el proyecto, es: ¿Que es una auditoría de seguridad? ¿Qué es un test de intrusión? Una auditoría de seguridad, es el análisis y estudio de un sistema, para intentar conocer las limitaciones de un sistema (vulnerabilidades, debilidades, preocupaciones etc. según OSSTMM), para posteriormente poder corregirlas. Un test de intrusión, se considera una como un tipo de auditoría de seguridad, donde las vulnerabilidades que se buscan, son aquellas que permitirían el acceso al sistema de alguien no autorizado, para comprobar la resistencia que ofrece el sistema ante este tipo de ataques.

Veloz et al. (2017) plantean un enfoque metodológico para profesionales sobre Ethical Hacking, partiendo desde el valor de la estrategia refiriéndose al valor de la seguridad de la empresa, pasando por el tipo de análisis de seguridad a emplear y los tipos de reconocimiento activo y pasivo, hasta concluir con la presentación de análisis de resultados. Internet es un logro tecnológico muy importante y es utilizado en una infinidad de áreas y propósitos. Cada organización que se conecta a Internet asume un riesgo ya que no siempre los propósitos de los usuarios de Internet son buenos. Si bien al conectarse a Internet las organizaciones pueden utilizar tecnologías como el correo electrónico, la web, intranet entre otros, también ponen en riesgo su información, sus recursos y su reputación. Es por ese motivo que las organizaciones deben estar preparadas con tecnologías que permitan controlar el acceso a sus sistemas sin perjudicar el quehacer de la organización (Y. Medina-Cárdenas et al., 2019). Además de las tecnologías, se debe tener un marco de trabajo en donde se delinean las actividades que son permitidas de acuerdo al quehacer de la organización y para ello se debe establecer políticas que regulen el acceso a los servicios de red, la cuales pueden ser internas o externas (Rico-Bautista et al., 2019).

Ramos (2014) presenta las Técnicas comunes de Ataque a equipos con sistema operativo UNIX o derivados El presente trabajo trata de brindar un panorama acerca de las técnicas más comunes de obtención de información remota en forma activa y pasiva, detección de vulnerabilidades y posteriormente una introducción al ataque en entornos tipo UNIX, como Linux (Debian, Ubuntu, Red Hat, Fedora, Suse, Mandriva, etc.), BSD (FreeBSD, OpenBSD, NetBSD), Solaris, AIX, HP-UX, SCO Unix, etc.). Picouto, Lorente, García y Ramos, exponen en su libro Hacking y Seguridad en Internet, un conjunto de pasos y formas para comprometer un sistema a través de metodologías empleando herramientas de seguridad, comenzando en su obra por destacar conceptos básicos con los relacionado al protocolo TCP/IP. De la Fraga (2003) presenta la experiencia de trabajo en la seguridad de la red de la Sección de Computación del CINVESTAV. Se describirán dos soluciones para la construcción de redes seguras: una por división de redes usando puertas (gateways), cortafuegos (firewalls), lo que generan esquemas de redes militarizadas y redes desmilitarizadas; y otra por monitoreo de paquetes de la red. Los esquemas aquí presentados permitirían formalizar un esquema de pago por uso de red a usuarios con máquinas propias (laptops).

En el contexto nacional, se encuentra muy poca información científica acerca del tema, sin embargo, la página de la ACIS, encontramos varios artículos, relacionados con el tema. López et. al (2001) se presenta la seguridad informática y se muestra su terminología técnica, encontrándonos en este, propiedades de un sistema, que activos

se deben proteger, tipos de ataques, modelos de seguridad informática, entre otras cosas que complementan el estudio de seguridad en un sistemas. Hablar hoy en día de la palabra vulnerabilidad, es sinónimo de alerta para un administrador de red o de seguridad, incluso para programadores y desarrolladores. Los profesionales en el campo informático buscan reducir la brecha de inseguridad que pueda haber en sus plataformas, con el fin de impedir un ataque informático que pueda comprometer sus sistemas (Tian et al., 2014). El artículo "¿Qué son las vulnerabilidades de software?"(Hernandez, 2014), da una visión acerca del tema, donde menciona el concepto, impacto, vector y como gestionar dichas vulnerabilidades para mitigar los riesgos. En octubre de 2012 se conoció la noticia donde a varios usuarios del cliente de correos de Apple icloud, les fue hurtada su información y borrada de manera remota los datos almacenados en sus dispositivos Apple (ipad, iphone y MacBook Pro), el hecho se produjo al ingresar a través de ingeniería social a la cuenta de Amazon de los afectados y prosiguiendo a la cuenta de icloud. Los servicios que se ofrecen en internet se encuentran estructurados bajo el modelo Cliente-Servidor, este se basa en peticiones realizadas por el cliente hacia el servidor sobre algún servicio en especial (SMTP, FTP, WEB, MAIL) entre otros, realizada la petición el servidor da una respuesta al cliente, completando de esta forma la solicitud. Según la Radio Nacional de Colombia en el mes de abril de 2011 los diferentes portales gubernamentales sufrieron diversos ataques informáticos. "En tan solo 18 días tenemos registrados 28 ataques exitosos que lograron comprometer la seguridad de estos sitios y solamente en la mañana de este 18 de abril ya fueron hackeados dos sitios web gubernamentales de Colombia", informó el ingeniero experto en seguridad informática de la compañía de seguridad Kaspersky, Dmitri Beztushev.

De acuerdo a estudios realizados por el Ponemon Institute y auspiciado por HP (Ponemon Institute, 2015), los ataques cibernéticos pueden ser costosos si no se resuelven con rapidez. El tiempo promedio para la resolución de un ataque cibernético es de 24 días, pero puede tardar hasta 50 días de acuerdo con el estudio de este año. El costo promedio incurrido durante este período de 24 días fue de US$ 591.780, lo que representa un aumento de 42 por ciento con relación al costo promedio estimado del último año, de US$ 415.748, durante un período de resolución promedio de 18 días. El análisis de vulnerabilidades, hace parte del contexto de la seguridad informática, la cual tiene cada día más adeptos. Es importante que las organizaciones tengan políticas serias de seguridad de la información basada en Sistemas de Gestión de la Seguridad de la Información, como la ISO 27000, estándar de referencia mundial para las buenas prácticas en el manejo de la información y su respectiva seguridad. Las herramientas hacking de código abierto que existen en la actualidad, permiten que personas sin un amplio conocimiento en informática puedan comprometer un sistema, estas personas son conocidas como SCRIPT KIDDIE, y son causantes de gran parte de los incidentes de seguridad del mundo. Pero no solo existen herramientas de código abierto con el fin de causar daño, en la actualidad existe una distribución GNU/Linux llamada BackTrack, es una tools de auditoria para evaluar la seguridad de un sistema, este sistema operativo esta basado en su similiar Ubuntu 10.04 y es una de las opciones preferidas por los profesionales de la seguridad a la hora de realizar sus labores de auditoría.

3. Metodología aplicada

En el modelo cliente-servidor, el dispositivo que solicita información se denomina cliente y el dispositivo que responde a la solicitud se denomina servidor. Los procesos de cliente y servidor se consideran una parte de la capa de Aplicación, ver figura 1. El cliente comienza el intercambio solicitando los datos al servidor, que responde enviando uno o más streams de datos al cliente. Los protocolos de capa de Aplicación describen el formato de las solicitudes y respuestas entre clientes y servidores. Además de la transferencia real de datos, este intercambio puede requerir de información adicional, como la autenticación del usuario y la identificación de un archivo de datos a transferir. Un ejemplo de una red cliente/servidor es un entorno corporativo donde los empleados utilizan un servidor de e-mail de la empresa para enviar, recibir y almacenar e-mails. El cliente de correo electrónico en la computadora de un empleado emite una solicitud al servidor de e-mail para un mensaje no leído. El servidor responde enviando el e-mail solicitado al cliente.

Aunque los datos generalmente se describen como un flujo del servidor al cliente, algunos datos siempre fluyen del cliente al servidor. El flujo de datos puede ser el mismo en ambas direcciones o inclusive ser mayor en la dirección que va del cliente al servidor. Por ejemplo, un cliente puede transferir un archivo al servidor con fines de almacenamiento. La transferencia de datos de un cliente a un servidor se conoce como subida y la de los datos de un servidor a un cliente, descarga (Andrew, 2007). Las características básicas de una arquitectura Cliente-Servidor son: Combinación de un cliente que interactúa con el usuario, y un servidor que interactúa con los recursos compartidos. El proceso del cliente proporciona la interfaz entre el usuario y el resto del sistema. El proceso del servidor actúa como un motor de software que maneja recursos compartidos tales como bases de datos, impresoras, módems, etc.

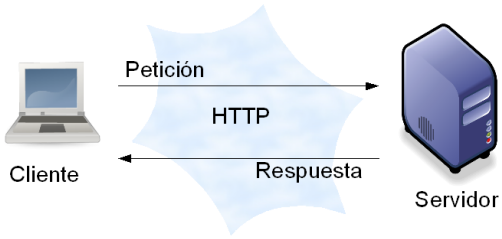


Figura 1 – Modelo Cliente/Servidor. Fuente: Adaptado de (Marini, 2012)

OSSTMM es un estándar profesional para el testeo de seguridad en cualquier entorno, desde el exterior como el interior. Incluye lineamientos de acción, la ética del tester profesional, legislación sobre testeo de seguridad y un conjunto integral de test. Lo más importante en esta metodología es que los diferentes tests son evaluados y ejecutados donde sean aplicables, hasta arribar a los resultados esperados dentro de un período

de tiempo determinado. Solo así el testeador habrá ejecutado el test en conformidad conel modelo OSSTMM, y por ello, el informe podrá ser considerado mínimamente exhaustivo. Esta metodología propone varios tipos de análisis de seguridad, para efectos del proyecto se asemeja a un tipo de análisis llamado, Vulnerability Assessment.

Vulnerability Assesment (Evaluación de Seguridad). Es un tipo de test de seguridad, este test es ideal cuando una organización no posee los recursos para realizar un análisis de seguridad exhaustivo, y además cuanto se urge de resultados con respecto al tiempo. Es un análisis y pruebas relacionadas con la identificación de puertos abiertos, servicios disponibles y vulnerabilidades conocidas en los sistemas de información objetivos; las mismas incluyen, a su vez, verificaciones manuales y automáticas de falsos positivos, lo que permite la identificación de los puntos débiles de la red y análisis profesional individualizado (Y. Medina-Cárdenas & Rico-Bautista, 2012). Es un tipo de análisis que busca identificar e informar fallas en los dispositivos y en los procesos tecnológicos. Las etapas son : Etapa de reconocimiento pasivo; Etapa de reconocimiento activo superficial; Etapa de reconocimiento activo en profundidad; Etapa de análisis de vulnerabilidades y Etapa de reporte.

4. Resultados y análisis

El desarrollo del análisis de vulnerabilidad se efectuara a través de la realización de una guía práctica de laboratorio, donde desde la óptica de un pentester se realizan maniobras de vulneración de sistemas con el fin de identificar puntos críticos o fallas en el mismo que puedan comprometer la integridad del entorno o sistemas que se encuentra en evaluación. Los software usados en los laboratorios se observan en la tablas 1.

Laboratorio 1	**Laboratorio 2**	**Laboratorio 3**
Linux Back Track 5	Ubuntu Server 12.04	Ubuntu Server 12.04
Nmap	Nmap	Nmap
Servidor BIND9	Linux Back Track 5	Linux Back Track 5
Ubuntu Server	Servidor VSFTPD	Servidor LAMP (Linux, Apache, Mysql, PHP)
Fierce	Hydra	Sqlmap
Webmin 1.620	Webmin 1.620	Damn Vulnerable Web Application 1.0.7

Tabla 1 – Software usado en los diferentes laboratorios

Laboratorio 1. Implementación de un ataque de transferencia de zona DNS entre sistemas GNU/Linux arquitectura cliente servidor.

La práctica de laboratorio se realizó en una red de área local mediante el protocolo de comunicaciones Internet Protocol 4 bajo la arquitectura cliente-servidor. El ataque del presente laboratorio tiene como finalidad extraer la zona DNS de un servidor configurado en la distribución Ubuntu Server 11.04. Los sistemas operativos que componen la red de laboratorio fueron configurados bajo los siguientes parámetros de red, ver tabla 2.

	Computador 1	Computador 2
Sistema Operativo:	*Ubuntu Server 12.04*	*Linux BackTrack 5*
Dirección IPv4:	192.168.22.100	192.168.22.88
Mascara de subred:	255.255.255.0	255.255.255.0
Dirección de red:	192.168.22.0	192.168.22.0
Dirección de broadcast:	192.168.22.255	192.168.22.255

Tabla 2 – Configuración de los equipos de laboratorio 1

Verificando resolución del servidor DNS. La finalidad es verificar que el servicio de nombres de dominio se ha configurado exitosamente. Para realizar este proceso se debe ejecutar el navegador de Internet en el cliente y en la barra de navegación se procede a digitar el dominio configurado anteriormente (www.pentesting.local).

Descubriendo servicios mediante el análisis de puertos abiertos. En primera instancia se realiza un escaneo de puertos mediante la herramienta de seguridad Nmap para descubrir que puertos abiertos se encuentran en el sistema servidor de la red. Se revisó el recurso *Service Name and Transport Protocol Port Number Registry* de la organización *Internet Assigned Numbers Authority* (IANA), en donde se establecen la asignación de puertos estándares para las comunicaciones cliente-servidor en las redes de comunicaciones. El protocolo de resolución de nombre de dominios que utiliza el puerto 53 para sus funcionalidades.

Verificando resolución de nombres del servidor DNS. Se realizó una consulta DNS mediante la utilidad de *dig* para verificar que el servidor está resolviendo las direcciones IP a dominios y viceversa. Al ejecutar *dig*, se pudo determinar que el *hostname* del servidor DNS es *serverftp*, y además, se puede observar que el dominio es *pentesting.local* y que el servidor tiene habilitado el puerto UDP 53 el cual utiliza el servicio DNS para las consultas.

Verificando resolución de nombres del servidor DNS mediante la utilidad *nslookup*. Nuevamente, se realiza una consulta DNS mediante la utilidad de *nslookup* para verificar que el servidor está resolviendo las direcciones IP a dominios y viceversa.

Estructurando el vector de ataque con la herramienta de análisis DNS – Fierce. Para acceder a la herramienta se va a BackTrack >> *Information Gathering* >> *Network Analysis* >> *DNS Analysis* >> *Fierce*.

Al estar en el directorio donde se encuentra almacenada la herramienta, se ejecuta el comando *ls* para revisar que archivos contiene el directorio. En la ruta del sistema donde hace referencia *fierce* se muestran dos archivos: el primero, llamado fierce.pl que es el ejecutable del programa en perl. Además, esta contenido el archivo hosts.txt el cual es un diccionario de datos para realizar comparaciones fuerza bruta. Para lanzar el ataque al servidor de nombres de dominio BIND instalado y configurado en la distribución de Ubuntu Server 12.04, se debe ejecutar el siguiente comando:

```
# ./fierce.pl –dns pentesting.local –w hosts.txt
```

Dónde:

./fierce.pl	Comando para ejecutar la utilidad fierce
-dns	Opción para indicar el DNS que se debe escanear
pentesting.local	Nombre de dominio al cual se debe realizar el ataque
–w	Indicar un *wordlist* o diccionario de datos a utilizar
hosts.txt	Nombre del diccionario a emplear

Si se desea guardar los resultados del ataque para analizarlos posteriormente se puede adicionar la opción > testfierce.txt para almacenar la salida de resultados en un archivo de texto de salida. Por los que la sentencia completa adicionando este comodín queda de la siguiente manera:

```
# ./fierce.pl –dns pentesting.local –w hosts.txt > testfierce.txt
```

El ataque de transferencia de zona DNS permite descubrir la debilidad de los servidores que se ejecutan sobre plataformas GNU/Linux mediante el servicio *Berkeley Internet Name Server* lo cual establece que si el servicio BIND tiene una configuración con un nivel bajo de seguridad se pueden implementar con éxito este tipo de ataques. Analizando los resultados obtenidos mediante la generación de un ataque de transferencia de zona DNS se debe tener presente que las configuraciones por defecto de los programas no son las más seguras por lo que se debe tener en cuenta agregar directrices que eleven el nivel de seguridad de los sistemas de cómputo. La recomendación para que este tipo de ataque no tenga éxito en un ambiente empresarial es agregar una directiva al archivo named.conf.local el cual inhabilita la transferencia. La utilidad allow-transfer { none; }; la cual establece que la transferencia de zona DNS no está permitida para ningún equipo, por lo tanto al generar nuevamente el ataque expuesto anteriormente no se debe obtener la transferencia del archivo del servidor BIND.

Laboratorio 2. Implementación de un ataque de autenticación FTP entre sistemas GNU/Linux arquitectura cliente servidor.

La práctica de laboratorio se realizó en una red de área local mediante el protocolo de comunicaciones Internet Protocol 4 bajo la arquitectura cliente-servidor. Además, se utilizó el protocolo de transferencia de archivos FTP. Los sistemas operativos que componen la red de laboratorio fueron configurados bajo los siguientes parámetros de red, ver tabla 3.

	Computador 1	**Computador 2**
Sistema Operativo:	*Ubuntu Server 12.04*	*Linux BackTrack 5*
Dirección IPv4:	192.168.22.100	192.168.22.88
Mascara de subred:	255.255.255.0	255.255.255.0
Dirección de red:	192.168.22.0	192.168.22.0
Dirección de broadcast:	192.168.22.255	192.168.22.255

Tabla 3 – Configuración de los equipos de laboratorio 2

Descubriendo servicios mediante el análisis de puertos abiertos. En primera instancia se realiza un escaneo de puertos mediante la herramienta de seguridad Nmap para descubrir que puertos abiertos se encuentran en el sistema servidor de la red. En el recurso *Service Name and Transport Protocol Port Number Registry* se verifica que el puerto 21 que se encuentra ejecutándose corresponde a un servidor FTP.

Verificando conexión al servidor FTP. Se realiza una petición de conexión al servidor FTP desde la Shell del equipo cliente, para determinar que el servicio se está ejecutando y se encuentra disponible para la trasferencia. El testeo de conexión se realiza mediante el comando # ftp 192.168.22.100. Se puede realizar una segunda prueba desde el navegador de Internet para confirmar la funcionalidad del servidor FTP. Para ello se ingresa ftp://192.168.22.100 en la barra de direcciones. De esta forma se comprueba que el servidor FTP se está ejecutando y que se solicita las credenciales de autenticación. Una vez autenticado el servidor permitirá acceder al usuario a los archivos almacenados en el servidor FTP.

Estructurando el vector de ataque con la herramienta Hydra. Para acceder a la herramienta se va a BackTrack >> *Privilege Escalation* >> *Password Attacks* >> *Online Attacks* >> *hydra*.

Al seleccionar la herramienta se muestra el contenido de funcionalidades que contiene la herramienta para realizar las acciones requeridas para un test de seguridad al protocolo de transferencia de archivos FTP. Al estar en el directorio donde se encuentra almacenada la herramienta, se ejecuta el comando ls para revisar que archivos contiene el directorio. En la ruta del sistema donde hace referencia Hydra se muestran dos archivos pass.txt y p.txt los cuales son diccionarios de datos para realizar comparaciones a fuerza bruta. Para lanzar el ataque al servidor de transferencia de archivos vsftpd instalado y configurado en la distribución de Ubuntu Server 12.04, se debe ejecutar el siguiente comando:

hydra –L /root/pass.txt –P /root/pass.txt ftp://192.168.22.100

Dónde:

./fierce.pl	Es el comando para ejecutar la utilidad fierce
–dns	Opción para indicar el dns que se debe escanear
pentesting.local	Nombre de dominio al cual se debe realizar el ataque
–w	Indicar un *wordlist* o diccionario de datos a utilizar
hosts.txt	Nombre del diccionario a emplear

Cuando la herramienta de seguridad *hydra* termina de realizar el proceso del ataque, muestra en la *shell* del cliente las credenciales respectivas (admonftp, pentesting, administrator) de usuarios encontrados (adminftp, userpentest, adminlab).

El ataque de autenticación a fuerza bruta mediante diccionario de datos, permite descubrir la inseguridad del servidor VSFTPD, el cual realiza el proceso de autenticación de usuarios mediante texto en claro. El cual permite a un atacante informático por medio de comparaciones forzadas descubrir nombres de usuarios y contraseñas. Para evitar accesos a cuentas de usuarios de sistema, los usuarios de los servidores FTP deben ser creados como usuarios virtuales y con su respectiva contraseña cifrada, además emplear

letras, números y caracteres especiales para evitar ser descifrada con ataques de fuerza bruta empleando diccionarios de palabras; de la misma forma los usuarios del servidor FTP pueden estar contenidos dentro de una base de datos *mysql*, para una mayor seguridad. Configurar el servicio bajo los mecanismos SSL o TLS para cifrar la sesión completa, y evitar ataques de *sniffing*, en donde se revele información de autenticación.

Laboratorio 3. Implementación de una búsqueda de vulnerabilidades en base de datos SQL entre sistemas GNU/Linux arquitectura cliente servidor.

La práctica de laboratorio se realizó en una red de área local mediante el protocolo de comunicaciones Internet Protocol 4 bajo la arquitectura cliente-servidor. Además, se utilizó el protocolo HTTP para configurar un sitio WEB, adicionalmente empleando una base de datos bajo MySQL. Los sistemas operativos que componen la red de laboratorio fueron configurados bajo los siguientes parámetros de red, ver tabla 4.

	Computador 1	**Computador 2**
Sistema Operativo:	*Ubuntu Server 12.04*	*Linux BackTrack 5*
Dirección IPv4:	192.168.22.100	192.168.22.88
Mascara de subred:	255.255.255.0	255.255.255.0
Dirección de red:	192.168.22.0	192.168.22.0
Dirección de broadcast:	192.168.22.255	192.168.22.255

Tabla 4 – Configuración de los equipos de laboratorio 3

Descubriendo servicios mediante el análisis de puertos abiertos. En primera instancia se realiza un escaneo de puertos mediante la herramienta de seguridad Nmap para descubrir que puertos abiertos se encuentran en el sistema servidor de la red. En el recurso *Service Name and Transport Protocol Port Number Registry* se verifica que el puerto 80 que se encuentra ejecutándose corresponde a un servidor http.

Verificando conexión al servidor HTTP con MySQL. Por medio de un navegador web accedemos a la ruta donde está alojada la aplicación, se ingresa las credenciales y se observa que es correcto el acceso a la aplicación.

Estructurando el vector de ataque con la herramienta de escaneo sqlmap. Para acceder a la herramienta se va a BackTrack >> *Vulnerebility Assessment* >> *Web Assessment* >> *Vulnerability Scanners* >> *sqlmap*. Para lanzar el ataque a la aplicación, se debe ejecutar el siguiente comando:

```
# python sqlmap.py –u “url_vulnerable” --cokie=“cookie de sesion”
                    -technique=BEUST --users --passwords
```

Dónde:

Python sqlmap.py	Comando para ejecutar la utilidad sqlmap
–u	Indica la URL de la aplicación con vulnerabilidad
--cookie	Cookie de sesión en donde existe la vulnerabilidad de aplicación

--technique	Indica la técnica de inyección, en este caso técnicas basadas en todas las opciones unión de columnas, unión de caracteres, basadas en error
--users	Permite enumerar los usuarios de la base de datos de mysql
--passwords	Permite obtener los *passwords* de los usuarios de mysql

Al lanzar el escaneo, la herramienta emplea las distintas técnicas de *sql injection*, para la búsqueda de información. Primero enumera los usuarios de la base de dato mysql y seguido extrae el password de forma cifrada, y compara con su diccionario de palabras si existe coincidencia de palabras y da en texto claro la correspondiente contraseña. Cuando la herramienta de seguridad sqlmap termina de realizar el proceso del ataque, muestra en la *shell* del cliente las credenciales de usuarios encontradas. El ataque con técnicas de inyecciones SQL en aplicaciones web vulnerables, permite descubrir información por medio de consultas a la base de datos; por donde se puede extraer información de las tablas correspondientes a todas las bases de datos que se encuentran instaladas en el servidor. (Costanzo & Amerini, 2014) . Emplear contraseñas con letras mayúsculas y minúsculas, números y caracteres especiales en los usuarios de administración de mysql, además de cifrar la información de las tablas de las bases de datos existentes en el servidor. En aplicaciones web validar las consultas de los datos empleando la función mysql_real_escape_string, esta función antepone barras invertidas a los caracteres \ x00, \n, \r, \, ‘, “ y \x1a, para no permitir consultas en los campos.

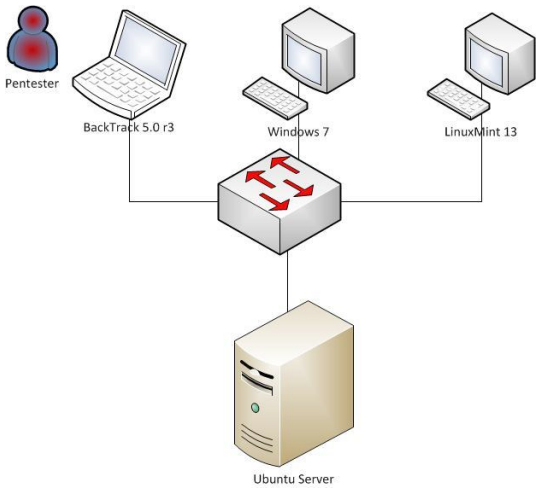


Figura 2 – Topología de trabajo

El informe de resultados contiene la información obtenida durante el proceso de investigación, es la consolidación del test de intrusión ejecutado. Se detallan las vulnerabilidades encontradas en el entorno servidor GNU/Linux, y además se dictan las respectivas recomendaciones para solucionarlas. La Aplicación del test, se

realizó en una red LAN, en ambiente controlado, conformada por equipos activos, pasivos y un dispositivo de red intermedio (Switch). El análisis de vulnerabilidad realizado se basó metodológicamente tomando como referencia apartes del "Manual de metodología abierta para el testeo de seguridad" OSSTMM, en combinación con guías de penetración. Las vulnerabilidades encontradas, se obtuvieron a través de la ejecución de una guía práctica de laboratorio, donde se realizaron pruebas de penetración por cada uno de los servicios reconocidos, además se aplicó el software de búsqueda de vulnerabilidades conocido como NESSUS, arrojando este un reporte y cotejándose el mismo con las pruebas realizadas manualmente. Se exponen las vulnerabilidades halladas con su respectiva recomendación para lograr la corrección de la falla, esta técnica es conocida como HARDENING. La topología de trabajo se encuentra representada en la figura 2.

La seguridad de los sistemas de los equipos servidores de las organizaciones es de vital importancia para que el servicio se mantenga siempre disponible. Además, las debidas y correctas configuraciones permiten que no se generen eventos que puedan causar riesgos o gran impacto en el funcionamiento de la infraestructura de TI (Yadav & Dong, 2014). Por esto se recomienda que el personal encargado de la seguridad de los diferentes sistemas informáticos, sean conocedores de la problemática, es decir estén capacitados para ejercer esa función, además la seguridad de la información implica un conocimiento de normas de seguridad en todos los ejes humanos y técnicos de la organización, en otras palabras se debe capacitar desde el celador hasta el gerente de la compañía en aspectos básicos de seguridad informática, para de esta no tener ningún tipo de inconveniente, ya que en su mayoría de casos, los grandes fallos de seguridad ocurren por descuidos y falta de conocimiento de los empleados en el manejo correcto de las aplicaciones con las que cuenta la organización. Después de realizar el análisis de vulnerabilidad, se logran identificar un conjunto de vulnerabilidades especificadas en la tabla 5.

Servicio	Software de servicio	Ataque/ Vulnerabilidad	Recomendación
DNS	**BIND9**	**Transferencia de zona**	**La recomendación para que este tipo de ataque no tenga éxito en un ambiente empresarial es agregar una directiva al archivo named.conf. local el cual inhabilita la transferencia.**
FTP	VSFTPD	Autenticación por fuerza bruta	Para evitar accesos a cuentas de usuarios de sistema, los usuarios delos servidores FTP deben ser creados como usuarios virtuales y con su respectiva contraseña cifrada. Los usuarios del servidor FTP pueden estar contenidos dentro de una base de datos mysql, para una mayor seguridad. Configurar el servicio bajo los mecanismos SSLo TLS para cifrar la sesión completa, y evitar ataques de sniffing, en donde se revele información de autenticación.

Base de datos	MySQL	Inyección de código SQL	Emplear contraseñas con letras mayúsculas y minúsculas, números y caracteres especiales en los usuarios de administración de mysql, además de cifrar la información de las tablas de las bases de datos existentes en el servidor. En aplicaciones web validar las consultas de los datos empleando la función mysql_real_escape_string, esta función antepone barras invertidas a los caracteres \ x00, \n, \r, \, ‘, “ y \x1a, para no permitir consultas en los campos

Tabla 5 – Definición de algunos estilos

El diagnóstico situacional, fue recopilado en base a documentación científica, o en su defecto de páginas electrónicas especializadas en la temática tratada, permitiendo de esta forma lograr una información coherente y actualizada. La implementación de la arquitectura Cliente-Servidor, comprendida esta por: sistema operativo y aplicaciones de servicios basadas en Linux, permiten por su licencia libre, realizar modificaciones según las necesidades de configuración de los mismos, obteniendo robustez y estabilidad.

4. Conclusiones

Los acontecimientos informáticos que suceden a diario, demuestran que la seguridad de la información debe ser tema de primer nivel dentro de una organización, empezando desde el o la recepcionista, pasando por el departamento de sistemas, seguido del oficial de seguridad de la información (CISO), y culminando en la junta directiva o gerencia de la misma organización. La aplicación de las diversas pruebas en los escenarios propuestos y la variedad de protocolos probados, demuestran la robustez de la herramienta de auditoría BackTrack 5.0 R2, cuenta con aproximadamente 300 utilidades, entre las que facilitaron las pruebas de penetración a servicios y protocolos como: DNS, FTP Y SQL, además su distribución basada en Ubuntu nos permite actualizar, agregar o eliminar paquetes y herramientas, posibilitando generar un ambiente personalizado según las necesidades del pentester.

La vulneración al protocolo DNS, a través del ataque de transferencia de zona realizado en el primer laboratorio, permitió demostrar la debilidad del protocolo y el riesgo que genera a una organización la materialización de este; ya que se logró recopilar toda la información disponible en el protocolo, como información de los subdominios y detalles de la infraestructura de TI, información valiosa en el proceso de “information gathering” , paso importante que se encuentra propuesto en el estándar OSSTMM. En el segundo laboratorio, el vector de ataque se centra en la vulneración del protocolo FTP (Protocolo de transferencia de archivos) a través de la aplicación de una técnica de fuerza bruta con diccionario, utilizando la herramienta Hydra, logrando comprometer de manera exitosa el protocolo. Esto permite concluir que es un protocolo no seguro y que debe ser sustituido por la versión segura del mismo, el protocolo seguro de transferencia de archivos, SFTP.

En ataques a bases de datos por medio de técnicas como la inyección de código, se concluye que a estas se les debe realizar todas aquellas medidas de hardering existentes, referentes a bases de datos; se recomienda la aplicación de técnicas, como el uso de contraseñas robustas con criterios alfanuméricos y el uso de minúsculas y mayúsculas, el cifrado de las tablas, y la utilización de funciones sql actuales, sin olvidar la actualización permanente de la versión del motor de la base de datos. Las distribuciones de software libre para entorno servidor, son totalmente estables, los servicios software para este tipo de plataformas cuentan con excelente soporte y documentación y la flexibilidad de las licencias libres permiten al administrador de servicios jugar con los componentes del sistema operativo acomodándolos a sus necesidades. La utilización de software libre, permite la disminución de gastos contribuyendo con la viabilidad financiera de una organización, ya que este tipo de software no requiere la cancelación en efectivo por el uso de su licencia, al ser estas totalmente gratis.

En el aspecto metodológico, se puede concluir que el estándar de referencia OSSTMM, es una guía técnica y completa, permitiendo llevar a buen término cualquier tipo de análisis de seguridad. Los análisis de seguridad son versátiles, no hay que seguir una metodología al pie de la letra, estas brindan un referente o una base, cada organización realiza sus procesos de manera diferente, por lo que cada análisis arrojara resultados diferentes a los otros, por eso la libertad y habilidad del pentester para ejecutar una metodología creada en base a muchas.

Un análisis de vulnerabilidad es un tipo de test de seguridad práctico, al aplicarse se obtuvieron resultados contundentes de manera rápida, y es una buena opción cuando se carece de tiempo para realizar una auditoría exhaustiva a un sistema y además de ser más económica que otros tipos de test existentes en el mercado. Será efectivo, solo si los resultados son gestionados de manera clara, concisa y práctica, permitiendo demostrar a todos los componentes de una organización las fallas que ocurren, para que de esta forma se han gestionados como una política de la empresa, y sea aplicada en todos sus ejes. Se puede usar este documento para la base de la edición final del artículo que se va a enviar. Durante el proceso de análisis de vulnerabilidad, se encuentra que los servicios configurados carecen de un proceso de Hardering, es recomendable que los administradores de red, o administradores de seguridad de la información, de manera constante realicen jornadas de actualización en los conocimientos de seguridad de la información.

Referencias

Alvernia Acevedo, S. A., & Rico-Bautista, D. (2017). Análisis de una red en un entorno IPV6: Una mirada desde las intrusiones de red y el modelo TCP/IP. *REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA)*, *1*(29). https://doi.org/10.24054/16927257.v29.n29.2017.2490

Andrew, M. W. (2007). Defining a process model for forensic analysis of digital devices and storage media. *Proceedings - SADFE 2007: Second International Workshop on Systematic Approaches to Digital Forensic Engineering*. https://doi.org/10.1109/SADFE.2007.8

Bonetti, G., Viglione, M., Frossi, A., Maggi, F., & Zanero, S. (2013). A comprehensive black-box methodology for testing the forensic characteristics of solid-state drives. *ACM International Conference Proceeding Series*. https://doi.org/10.1145/2523649.2523660

Boynton, B. C. (2007). Identification of process improvement methodologies with application in information security. *InfoSecCD'07: Proceedings of the 4th Annual Conference on Information Security Curriculum Development*. https://doi.org/10.1145/1409908.1409939

Carter, K. M., Idika, N., & Streilein, W. W. (2014). Probabilistic threat propagation for network security. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*. https://doi.org/10.1109/TIFS.2014.2334272

Gerardo, L., & Fraga, D. (2003). *Redes Seguras Usando el Sistema GNU / Linux Resumen*. *May*.

Hernandez, J. L. (2014). ¿Qué son las vulnerabilidades del software? *Vulnerabilidad De Software*.

Lobo-Parra, L. D., Rico-Bautista, D., Medina-Cárdenas, Y., & Sanchez-Ortiz, E. A. (2019). Defining of a practical methodology for the acquisition and analysis of digital evidence in the context of a research post mortem. *RISTI: Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de La Información*, *E18*, 369–384.

López, Ó., Amaya, H., León, R., & Acosta, B. (2001). Informática forense: generalidades, aspectos técnicos y herramientas. *Universidad de Los Andes*. ….

Lyubimov, A. V. (2010). Integral engineering technique for information security methodologies. *SIN'10 - Proceedings of the 3rd International Conference of Security of Information and Networks*. https://doi.org/10.1145/1854099.1854105

Marini, E. (2012). El Modelo Cliente/Servidor. In *Octubre*.

Medina-Cárdenas, Y., Areniz Arévalo, Y., & Rico-Bautista, D. (2016). Modelo estratégico para la gestión tecnológica en la organización: plan táctico de la calidad (ITIL & ISO 20000). In *Fondo editorial ITM* (Vol. 1). Instituto Tecnológico Metropolitano. https://doi.org/10.22430/9789585414006

Medina-Cárdenas, Y. C., & Rico-Bautista, D. (2016). Alineación estratégica bajo un enfoque organizacional de gestión tecnológica: ITIL & ISO 20000. *Revista Tecnura*, *20*(1), 82–94. https://doi.org/10.14483/22487638.11681

Medina-Cárdenas, Y., & Rico-Bautista, D. (2012). Mejores prácticas de gestión para la calidad de los servicios en tecnologías de información. *Gerencia Tecnológica Informática*.

Medina-Cárdenas, Y., Rico-Bautista, D., & Arevalo-Ascanio, J. G. (2019). Impact of the implementation of iso 9001 in the university: Perception auditor and leader. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*.

Ponemon Institute. (2015). 2015 Cost of Cyber Crime Study: Global. *Ponemon Institute Research Report*.

Ramos Ramos, L. J. (2014). Pruebas De Penetración O Pent Test. *Revistasbolivianas*.

Rico-Bautista, D., Guerrero, C. D., Medina-Cárdenas, Y., & García-Barreto, A. (2019). Analysis of the potential value of technology: Case of universidad francisco de paula santander Ocaña. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, *E17*, 756–774.

Rico-Bautista, D., Rojas-Osorio, J., & Medina-Cárdenas, Y. (2016). Pentesting empleando técnicas de ethical hacking en redes IPv6. *Revista Ingenio UFPSO*, *11*(1), 79–96.

Rueda-Rueda, J. S., Rico-Bautista, D., & Florez-Solano, E. (2019). Open Practice Guide for Digital Forensics on Android Devices. *RISTI (Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de La Información)*, *18*, 442–457.

Tian, Z., Jiang, W., Li, Y., & Dong, L. (2014). A digital evidence fusion method in network forensics systems with Dempster-shafer theory. *China Communications*. https://doi.org/10.1109/CC.2014.6880464

Valdez, A. (2013). OSSTMM 3. *Revista de Información, Tecnología y Sociedad*.

Veloz, J., Alcivar, A., Salvatierra, G., & Silva, C. (2017). Ethical hacking, una metodología para descubrir fallas de seguridad en sistemas informáticos mediante la herramienta KALI-LINUX. *Informática y Sistemas: Revista de Tecnologías de La Informática y Las Comunicaciones*. https://doi.org/10.33936/isrtic.v1i1.194

Yadav, S. B., & Dong, T. (2014). A comprehensive method to assess work system security risk. *Communications of the Association for Information Systems*. https://doi.org/10.17705/1cais.03408

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

Recebido/Submission: 22/12/2019
Aceitação/Acceptance: 13/02/2020

Sistema de Tele-operación para Robots Móviles en la industria del Petróleo y Gas

William Montalvo[1], Carlos A. Garcia[2], Jose E. Naranjo[2], Alexandra Ortiz[2], Marcelo V. Garcia[2,3]

wmontalvo@ups.edu.ec, ca.garcia@uta.edu.ec, jnaranjo0463@uta.edu.ec, ga.ortiz@uta.edu.ec, mv.garcia@uta.edu.ec

[1] Universidad Politécnica Salesiana, 170146, Quito, Ecuador.

[4] Universidad Técnica de Ambato, 180103, Ambato, Ecuador.

[5] University of Basque Country, 48013, Bilbao, Spain.

Pages: 351–365

Resumen: La necesidad de implementar sistemas con un alto grado de automatización en la industria del gas y petróleo ha crecido de manera abismal en los últimos años, esto debido a que las condiciones extremas que existen en cada yacimiento dificultan realizar las tareas cotidianas como mantenimiento o inspección de equipos. Como una solución a este problema, se debe desarrollar sistemas de tele operación que brinden una alta escalabilidad usando protocolos de mensajería estandarizados. Esta investigación presenta el desarrollo de un sistema de tele operación que mediante la utilización del protocolo MQTT para integración de la información del proceso industrial, permite al operario realizar tareas de inspección y mantenimiento remoto en los centros de producción de petróleo de la empresa Petroamazonas EP en Ecuador. Adicionalmente, un entorno virtual desarrollado en Unity 3D es implementado, esto con el fin de obtener un alto grado de transparencia dentro del sistema y transmitir la experiencia y habilidad del operario hacia el robot esclavo.

Palabras-clave: Realidad Virtual; Protocolo MQTT; Industria 4.0 Manipulador Móvil.

Tele-operation system for Mobile Robots using in Oil & Gas industry

Abstract: The need to implement systems with a high degree of automation in the oil and gas industry has grown dramatically in recent years, this because the extreme conditions that exist in each oil field make it difficult to perform daily tasks such as maintenance or inspection of equipment. As a solution to this problem, tele operation systems must be developed so that they provide high scalability using standardized messaging protocols. This research presents the development of a tele-operation system which uses the MQTT protocol for the integration of industrial process information and allows the operator to carry out inspection and remote maintenance tasks in Petroamazonas EP's oil production centers. Ecuador.

Additionally, a virtual environment developed in Unity 3D is implemented, this to obtain a high degree of transparency within the system and transmit the experience and skill of the operator to the slave robot.

Keywords: Virtual Reality; MQTT Protocol; 4.0 Industry; Mobile manipulator.

1. Introducción

La demanda mundial de gas sigue siendo elevada y se mantendrá así en un futuro cercano. Sin embargo, esta industria presenta diversos problemas como el acceso a reservas que se encuentran en entornos extremadamente exigentes. En este sentido al ser inevitable la exposición de vidas humanas a este tipo de ambientes "dinámicos o no estructurados"(Nasirian & Khanesar, 2016), la industria del gas ha optado por utilizar un plan de seguridad, el cual reduzca significativamente el riesgo inherente de sus procesos hacia su personal (Burgner et al., 2011).

Estos desafíos han llevado a la necesidad de potenciar el nivel de automatización introduciendo una combinación de operaciones a distancia y tele Robótica, la cual se ha convertido en la mejor opción cuando se trata de la inspección, mantenimiento y control de módulos de extracción de gas y petróleo. Muchas empresas de explotación de gas y petróleo se manejan ya a distancia durante el funcionamiento normal, pero se sigue necesitando personal muy cualificado que lleve a cabo trabajos especializados, como tareas de mantenimiento y reparación durante el funcionamiento y las paradas programadas.

Al hablar de un sistema de tele operación, es imprescindible mencionar a manipuladores móviles, los cuales brindan un amplio espectro de posibilidades para desarrollo y bienestar de la sociedad, para el avance continuo de la industria, siendo piezas fundamentales en la modernización tecnológica (Garcia et al., 2018). Este tipo de manipuladores son altamente eficientes para cumplir como "esclavos" cualquier tarea que se le sea encomendada, ya que al tener aplicaciones específicas y desenvolverse en ambientes exigentes, reducen considerablemente la exposición de trabajadores a situaciones de potencial peligro.

Por otro lado, debido al continuo avance y automatización de la industria del gas se requiere el uso de redes de comunicación de alta velocidad y protocolos que ofrezcan estándares óptimos de seguridad, los cuales cumplan con los requerimientos necesarios para poder llevar a cabo un proceso fluido y a su vez seguro. En la estructura industrial tradicional, se comienza desde el hecho de que cada miembro de la cadena de valor tiene información inaccesible y desconocida para el resto de los miembros. Sin embargo, hoy en día se puede integrar conocimiento y sistemas de información a través de redes colaborativas gracias a la industria 4.0 y el Internet industrial de las cosas (IIoT).

MQTT (Message Queue Telemetry Transport) fue diseñado para dispositivos simples con pocos recursos. Este tipo de protocolos se consideran como el núcleo de futuros sistemas de automatización distribuidos ofreciendo un amplio rango de posibilidades en la utilización de hardware de bajo costo en este tipo de industria (Castellanos, Garcia, Rosero, Sanchez, & Garcia, 2017).

Esta investigación propone el desarrollo de un sistema manipulador antropomórfico tele operado para actividades peligrosas en la industria del gas y petróleo. El sistema propuesto permite controlar el robot kuka youbot de manera remota a través de la integración del dispositivo Leap Motion en el motor gráfico Unity 3D. Mediante la interfaz desarrollada, el operador controla tanto la locomoción como el movimiento de trabajo del robot esclavo. La comunicación se ha implementado mediante el protocolo MQTT, el cual, debido a su respuesta superior al resto de protocolos web actuales, permite una comunicación rápida y fluida entre el maestro y el esclavo.

Este artículo está dividido en 6 secciones incluida la introducción. En la Sección 2 se analiza un compendio de trabajos relacionados. Los materiales y métodos son presentado en la Sección 3. El enfoque del estudio desarrollado se explica en la Sección 4, mientras que el modelo cinemático del robot esclavo se presenta en la Sección 5. Finalmente, las conclusiones son desarrolladas en la Sección 6.

2. Obras Relacionadas

El objetivo de esta sección es presentar la metodología con la que otros autores desarrollan un sistema de tele operación enfocado a la industria. En este sentido se presenta, un conjunto de trabajos relacionados, estos proveen información útil sobre la arquitectura y protocolos de comunicación desarrollados dentro del paradigma de la industria 4.0.

Por ejemplo, Alvares (Álvares & Romariz Jr, 2002) en su investigación, presenta el estudio de dos sistemas, siendo el primero un manipulador de dos grados de libertad tele operado mediante Rob-WebCam, mientras que el segundo sistema se enfoca en un manipulador ABB (Asea Brown Boveri) de seis grados de libertad, en este sentido a través de ambos sistemas se pudo vigilar el entorno de trabajo mediante realimentación visual, sin embargo se establece que la respuesta en tiempo real no es óptima debido a que el protocolo de comunicación empleado no es el adecuado para este tipo de tareas.

Liaw (Liaw & Tsai, 2017), por otra parte, presenta un sistema de tele operación en el cual diseña un módulo operado a control remoto para exponer los errores humanos causados en este tipo de sistemas, siendo el canal de comunicación uno de los más influyente dentro de la propuesta, a pesar de su mejora en la velocidad de respuesta, no presenta una realimentación visual adecuada para mejorar la transparencia en el sitio local. Aschenbrenner (Aschenbrenner, Fritscher, Sittner, Krauß, & Schilling, 2015), por su parte, ha desarrollado una arquitectura para robots controlados de manera remota en líneas de producción, su objetivo se basa en realizar tareas de mantenimiento y control en ambientes que son inaccesibles para el ser humano, o que presentan un cierto riesgo para su salud.

García et al (Naranjo, Ayala, Altamirano, Brito, & Garcia, 2018), trabaja con un sistema de tele operación para controlar de manera remota un manipulador móvil, lo que destaca de este trabajo es el uso de una interfaz que mezcla tanto la realidad virtual y realidad aumentada desarrolladas en el motor gráfico Unity 3D. Sanders (Sanders, 2010), en su investigación de sistemas tele operados en diferentes ambientes industriales, establece tres maneras de interactuar con su robot esclavo, llegando a la conclusión de que en ambientes que no presenten un cambio dinámico en su estructura así como en su

riesgo, es mejor un sistema de tele operación sin ningún sistema sensorial que los asista, por otra parte, cuando se trata de ambientes dinámicos, un sistema que permita una realimentación de los estados del robot esclavo sería lo ideal, sin embargo para un mejor desempeño del tele operador se aconseja un enlace de radio en vez de una comunicación cableada, debido a que esta última puede afectar la dirección y control del robot móvil.

Una vez analizados los trabajos presentados en esta sección, es factible realizar el sistema propuesto, esto debido a que no existe un precedente en el uso del protocolo MQTT como modo de transmitir datos para el uso e implementación de tele operación en la industria del gas y petróleo.

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. Sistema de Tele-Operación

Un sistema de tele operación es aquel que permite al operador humano llevar su destreza a un robot con el propósito de realizar tareas en ambientes dinámicos, este tipo de operación remota se la denomina bilateral cuando las fuerzas y movimientos tanto del maestro como esclavo se reflejan mutuamente (Nasirian & Khanesar, 2016). Las partes principales de este sistema son: i) Sitio local: lugar donde el trabajador opera un manipulador denominado maestro, la acción de control por parte del operador puede ser continua o a su vez intermitente, la cual se basa solo en la supervisión del sistema; ii) Sitio remoto: lugar donde un esclavo se desenvuelve en el mundo físico de acuerdo con las ordenes enviadas por el maestro. iii) Interfaz: es el conjunto de dispositivos que permite una conexión funcional y, iv) Canal de comunicación: es el medio por el cual se conecta tanto el sitio local como el sitio remoto.

Para la presente investigación, Unity, motor multiplataforma de videojuegos, cuyo éxito se debe a que permite que cualquier desarrollador independiente acceda a un mundo 2D y 3D de infinitas posibilidades cuando de realidad virtual se trata («Unity», 2018), es el motor gráfico en el cual se desarrolla un entorno adecuado para la inspección de equipos en la industria del gas y petróleo. Por otra parte, el dispositivo sensorial Leap Motion, al ser el maestro también forma parte de la interfaz, permitiendo el envío de datos e información deseada al robot esclavo. Leap Motion es un periférico de entrada, que se puede definir como un sensor, el cual al conectarse a una PC adquiere el movimiento de manos de una persona, con la finalidad ya sea de interactuar en un entorno virtual con algún tipo de interfaz o a su vez de controlar un dispositivo o máquina remota («Leap Motion», 2018).

3.2. Manipulador Móvil Industrial

Los robots móviles como manipuladores son piezas claves de la actualidad de la robótica. Pueden ser controlados de manera automática y enfocarles a varios usos; teniendo un lugar fijo o móvil para realizar sus tareas industriales; las cuales pueden ser: tareas repetitivas, de precisión o a su vez realizar actividades que cuentan con un alto riesgo de peligrosidad para los trabajadores (Kelly & Santibáñez, 2003).

Para el desarrollo de la presente investigación se propone al robot KUKA youBOT como el esclavo, ya que está destinado para el desarrollo dentro del campo de la manipulación móvil, además de contar con la tecnología necesaria para ser aplicado dentro de la robótica de servicio o industrial. Está conformado por tres partes: i) plataforma omnidireccional; ii) brazo robótico de cinco grados de libertad y iii) pinza de dos dedos (Blumenthal, Shakhimardanov, & Nowak, 2016). Ver Figura. 1.



Figura 1 – Robot omnidireccional KUKA youBOT

3.3. Protocolo MQTT

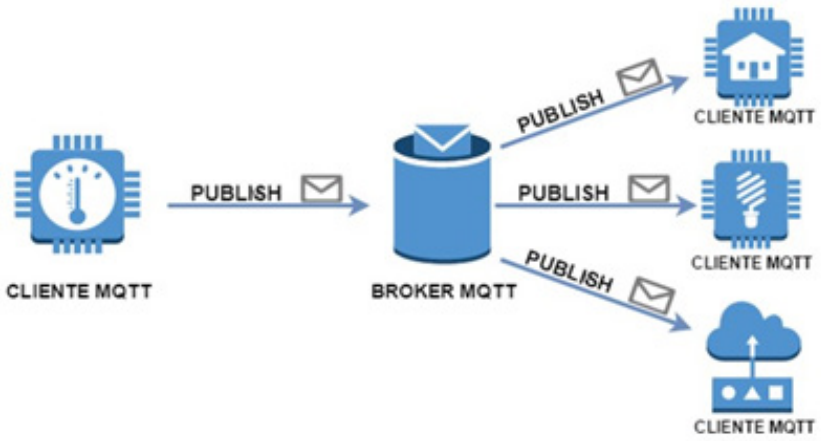


Figura 2 – Arquitectura del protocolo MQTT.

Es un protocolo de comunicaciones cuyo objetivo es ofrecer una plataforma de comunicación ligera basada en un modelo de publicación/suscripción. El cliente publica mensajes en un MQTT broker, los cuales son suscritos por otros clientes, estos mensajes se publican en una dirección la cual es denominada topic. Ver Figura 2.

La visualización de los mensajes en este protocolo son de tipo JSON, permitiendo una lectura cómoda y limpia. Sus principios de diseño lo hacen ideal para paradigmas

emergentes como el Internet of Things (IoT), y por ende las Smart Factories (Naik, 2017). MQTT es un protocolo muy útil para sistemas inalámbricos los cuales experimentan niveles fluctuantes de latencia debido a conexiones inestables. Si la conexión de suscripción se pierde, el broker guarda el paquete de mensajes y los reenvía al suscritor cuando se reestablece la conexión. Por otra parte, si el enlace de publicación se vuelve inestable, el broker puede terminar la conexión (Asaad, Ahmad, Alam, & Rafat, 2018).

4. Caso de Estudio

Ecuador, país localizado en el sur de América, concentra la mayor parte de su petróleo en la región Amazónica. Aquí se centra el caso de estudio, específicamente en Petroamazonas Empresa Pública, dedicada a la explotación y producción de hidrocarburos. Debido a la espesa vegetación y compleja distribución geográfica de esta zona, el acceso remoto al proceso es de vital importancia para monitorización y toma de decisiones que pueden afectar a las diferentes localizaciones de producción.

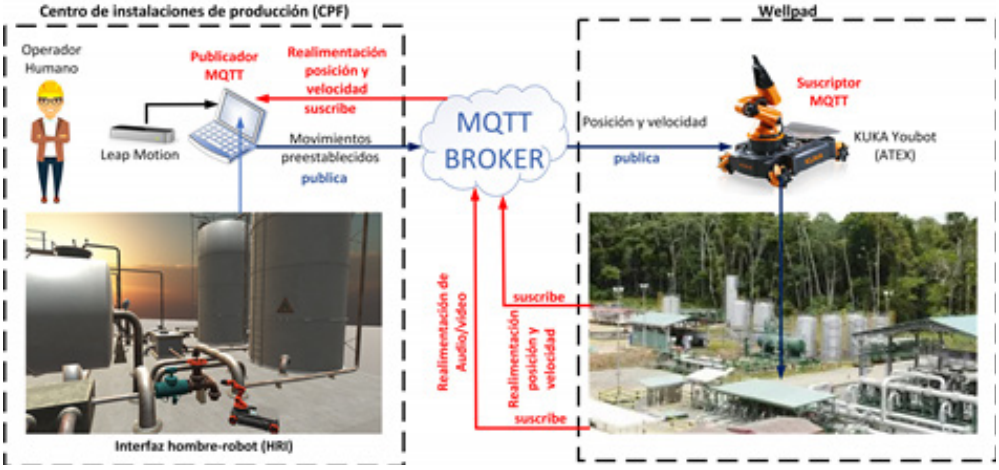


Figura 3 – Arquitectura del sistema de tele operación.

Petroamazonas EP se encuentra compuesta por múltiples bloques de producción denominados “Well-Pad” cuya principal característica es el uso de pozos petroleros perforados horizontalmente para disminuir el impacto ambiental. Ya que debido a restricciones tanto económicas como de tiempo se ha tomado un solo bloque de producción para la implementación del sistema propuesto. En nuestro caso es el bloque 18. Aquí existen en la actualidad 4 well-pads y cada uno de ellos agrupa aproximadamente entre 28 a 30 pozos de crudo. En cada pozo petrolero, existe un sensor de fondo cuyo objetivo es recoger señales de presión y temperatura.

El caso de estudio tiene por objeto utilizar un manipulador antropomórfico móvil KUKA youBOT en cada well-pad para realizar actividades de inspección, verificación y comprobación de tuberías, transmisores y equipos situados en well-pads distantes teniendo como centro de control un operador humano ubicado en el CPF usando un

sensor Leap Motion para detección de las órdenes de movimiento tanto de posición como de velocidad del brazo robótico y plataforma omnidireccional.

La filosofía que subyace detrás de este sistema robótico manejado a distancia es que los robots estén integrados en el yacimiento y se contemplen como recursos en el sistema de control. Participan como herramientas físicas y como ojos, oídos y manos del operario en un entorno de proceso peligroso. Dentro del sistema de control, el operario, que se encuentra alejado, interactúa con el robot por medio de una interfaz hombre-robot (HRI), gracias a la cual se pueden definir e iniciar las distintas tareas que el sistema robótico puede completar perfectamente. El sistema de control, mediante sensores tanto de velocidad como de posición, presenta una retroalimentación de los estados del KUKA youBOT al operario. Además, devuelve el audio real de la planta que se está inspeccionando. Ver Figura 3.

5. Modelo Cinemático del robot KUKA youBot

5.1. Modelo cinemático de la plataforma omnidireccional

La plataforma omnidireccional que conforma al robot en estudio está constituida por cuatro ruedas de tipo Mecanum, las cuales permiten un desplazamiento libre en cualquier dirección deseada.

La configuración cinemática de una plataforma omnidireccional está dada por las ecuaciones presentadas en (1), (2) y (3), donde $\dot{x}$ y $\dot{y}$ corresponden a las velocidades tanto en el eje X y Y, además $\dot{\theta}_b$ es la velocidad angular de la plataforma móvil. El parámetro d_i hace referencia a la velocidad lineal de cada rueda, mientras que α_b y β dependen del ángulo en que estén dispuestos los rodillos dentro de cada una de ellas (Nagatani, 2006), el movimiento dentro del plano entonces dependerá de las combinaciones lineales de cada rueda Mecanum. Ver Figura. 4.

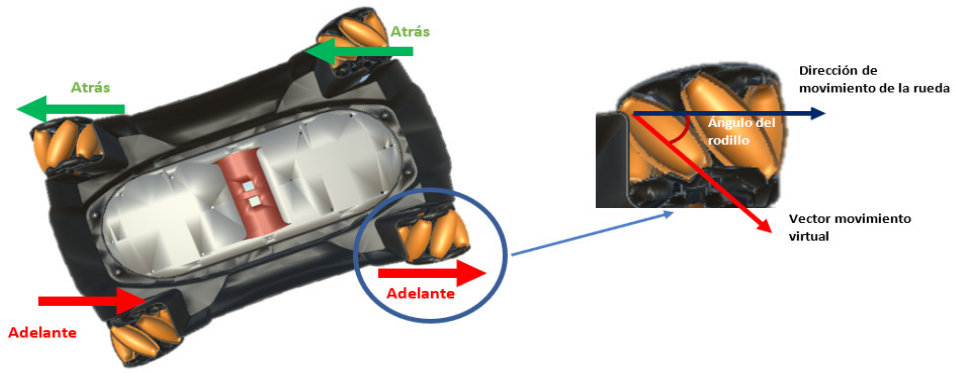


Figura 4 – Descripción del movimiento y rueda tipo Mecanum de la plataforma móvil.

Las ecuaciones de la plataforma son las siguientes (Ver ecuaciones 1-3):

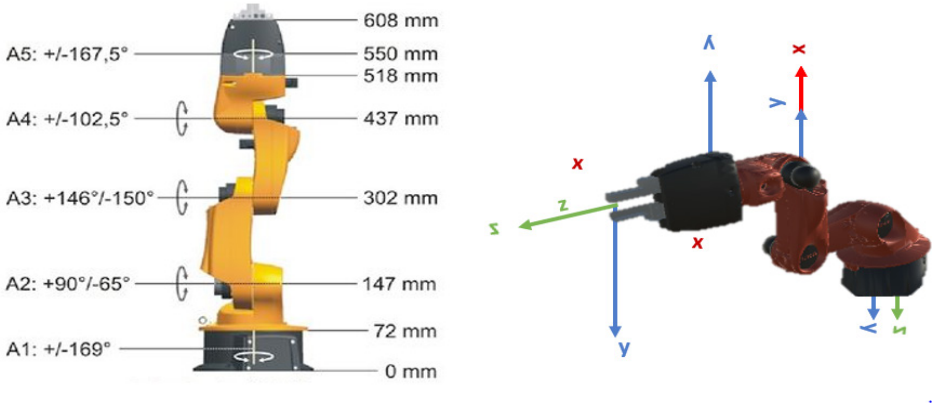
$$\dot{x} = \frac{1}{4}\left(d_1 + d_2 + d_3 + d_4\right) \tag{1}$$

$$\dot{y} = \frac{1}{4}\left(-d_1 + d_2 + d_3 - d_4\right)\tan\left(\alpha_b\right) \tag{2}$$

$$\ddot{\theta}_b = \frac{1}{4}\left(d_1 + d_2 + d_3 + d_4\right)\beta \tag{3}$$

5.2. Modelo cinemático del brazo robótico

El manipulador del robot KUKA youBOT posee cinco grados de libertad, mientras que su pinza de dos dedos es ideal para la sujeción de elementos de pequeñas dimensiones. En la Figura. 5.a), se muestra las medidas de cada eslabón.



(a) (b)

Figura 5 – Kuka youBot a) Medidas del brazo robótico, b) Posicionamiento de los marcos de referencia para cada articulación**.**

Para obtener el modelo cinemático del brazo robótico se toma en cuenta el algoritmo de Denavit-Hartenberg (Lipkin, 2005), de acuerdo con los marcos de referencia de la Figura. 5.b) los que brindan los parámetros y la cadena cinemática necesaria para obtener las matrices de transformación homogénea como se muestra en la ecuación 4.

$$A_i^{i-1} = \begin{pmatrix} C\theta_i & -S\theta_i C\alpha_i & S\theta_i C\alpha_i & a_i C\theta_i \\ S\theta_i & C\theta_i C\alpha_i & -C\theta_i S\alpha_i & a_i S\theta_i \\ 0 & -S\alpha_i & C\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

En esta matriz S y C corresponden a las funciones sin() y cos() respectivamente. Para obtener la matriz de transformación total se multiplica sucesivamente todas las matrices homogéneas como se muestra en la ecuación 5.

$$T_n^0 = A_1^0 \dots A_n^{n-1} \quad (5)$$

5.3. Entorno Virtual

La realidad virtual aplicada a la simulación de sistemas robóticos en la industria ha cobrado un gran interés en los últimos años, introduciendo nuevas expectativas para el uso de estos entornos virtualizados. El acoplamiento de simuladores a la tecnología actual, el bajo costo en el entrenamiento al personal operativo y el amplio campo de investigación que posee, son solo algunos ejemplos de las motivaciones para implementar esta tecnología en la industria actual.

Para el desarrollo del entorno virtual, el motor gráfico Unity 3D es empleado, aquí se define el espacio de trabajo donde se manipula entornos modelados por regiones de colisión en un entorno real. El entorno virtual programado en Unity 3D se presenta en la Figura 6. Por otra parte, el KUKA youBOT ha sido programado para que, dependiendo del requerimiento de inspección dentro de la planta propuesta, este se desplace siguiendo un patrón de movimientos de mano previamente especificados, i.e., de acuerdo con el movimiento de mano del operario capturado por el sensor Leap Motion, el esclavo va a tener un movimiento de avance, retroceso, lateral y rotacional de la plataforma omnidireccional, un movimiento arriba-abajo, lateral y rotacional para el brazo robótico un movimiento de apertura y unión de la pinza de dos dedos como se muestra en la Figura 7.

Además, para una mejor transparencia del sistema, una salida de audio ha sido implementada, esto va a permitir al operario ser consciente de los sonidos que emite el entorno real en el cual se está llevando a cabo la tarea, así como escuchar el ruido producido por el motor del robot esclavo. Con este precedente se puede conocer si el KUKA youBOT robot está desplazándose de acuerdo a la velocidad previamente establecida o si es que existe algún tipo de avería mecánica.

5.4. Transparencia del sistema maestro-esclavo

Un sistema de tele operación busca mantener al operario lo más cerca posible a la tarea que se está realizando de manera remota, sin embargo, uno de sus principales objetivos

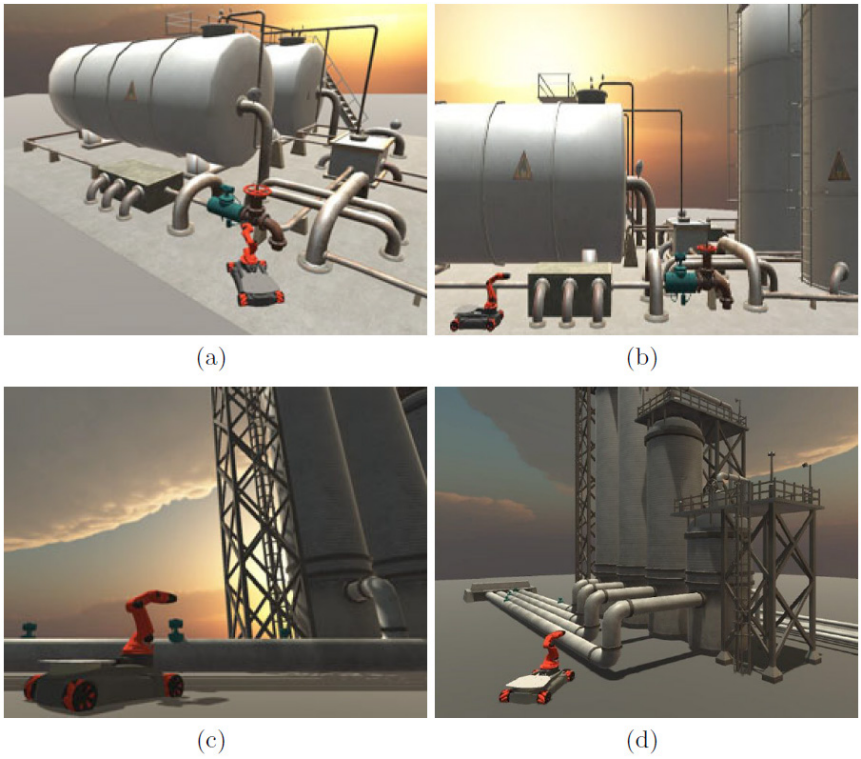


Figura 6 – Entorno Virtual diseñado con Unity 3D a) Vista lateral diagonal equipo separador de crudo, b) Vista lateral equipo separador de crudo, c) Vista lateral tuberías de transporte de crudo, d) Vista lateral tanques de almacenamiento de crudo.

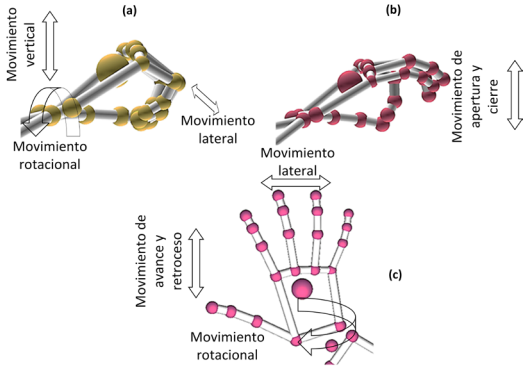


Figura 7 – Movimientos de control. (a) Movimiento para el brazo robótico. (b) Movimiento para la pinza. (c) Movimiento para la plataforma omnidireccional.

es preservar la salud e integridad de los seres humanos y no exponerlos a entornos peligrosos. Idealmente este tipo de sistemas deben ser completamente transparentes para que el operador tenga una interacción directa con la tarea que está realizando el esclavo (SlawiNski & Mut, 2008). Para que las ordenes sean ejecutadas por el KUKA youBOT robot de manera precisa, es necesario que exista una realimentación visual que proporcione las posiciones de trabajo del esclavo, i.e., la transparencia se mide en base al nivel de control del sistema remoto por parte del operario.

Para que las ordenes sean ejecutadas por el KUKA youBOT robot de manera precisa, es necesario que exista una realimentación visual que proporcione las posiciones de trabajo del esclavo, i.e., la transparencia se mide en base al nivel de control del sistema remoto por parte del operario. Por este motivo, el entorno virtual desarrollado en Unity 3D muestra al operador el sitio remoto en el cual se está llevando a cabo la tarea encomendada al esclavo, además de permitirle escuchar el audio en tiempo real del entorno propuesto como se muestra en la Figura 8.

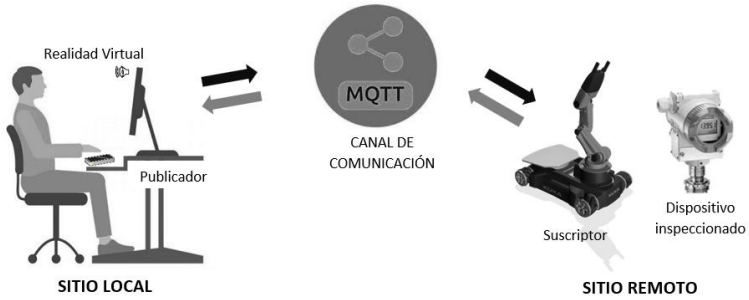


Figura 8 – Transparencia del sistema maestro-esclavo.

Para la comunicación entre el maestro (Leap Motion) y el esclavo (robot KUKA youBOT) se propone el protocolo MQTT debido a que dentro de la industria 4.0 y el IoT la seguridad es uno de los aspectos más importantes, además de que la posibilidad de controlar objetos a distancia hace que los procesos sean más eficientes. En el caso del monitoreo de una planta de gas o petróleo, datos confidenciales y de suma importancia se ven expuestos a diario, haciendo necesaria la implementación de un medio de comunicación entre dispositivos altamente seguro, pero con una excelente usabilidad (Garcia et al., 2018).

Con lo expuesto anteriormente, en la presente investigación se plantea tres canales desde el entorno remoto (esclavo) al local (maestro) para realizar las tareas encomendadas de manera eficiente: i) Sentido de la vista, mediante el cual el operario puede supervisar los movimientos del robot esclavo, observando en un entorno virtual la recreación exacta del entorno real de trabajo, ii) Cinestesia, es la habilidad de sentir las posiciones y los movimientos de los músculos y articulaciones del cuerpo humano. Esta habilidad permite coordinar los movimientos necesarios para desplazar al robot esclavo, así como para manipular los elementos a inspeccionarse dentro del entorno propuesto, evitando así los obstáculos y una posible colisión; y iii) Sentido de la audición, permite al

operador estar alerta de lo que sucede en el entorno real, además de permitirle percibir cualquier cambio de frecuencia sonora extraña al funcionamiento normal del sistema, admitiéndole tomar acciones preventivas y correctivas in situ.

Uno de los grandes retos en este tipo de sistemas es lograr una respuesta en tiempo real rápida que permita un seguimiento y transparencia perfecta. Debido a esto, se ha optado por el uso del protocolo MQTT para la transmisión de los datos correspondientes a la cinemática del robot, es decir la posición y orientación de la plataforma omnidireccional, así como la orientación del brazo robótico.

```
static MqttClient client;
static Program()
{
    try
    {
        client = new MqttClient("172.21.107.129");
        byte code = client.Connect(Guid.NewGuid().ToString());
        client.MqttMsgPublished += client_MqttMsgPublished;

    }
    catch (Exception ex)
    {
        Console.Error.WriteLine("Failed to create client: {0}", ex);
    }
}
static void client_MqttMsgPublished(object sender, MqttMsgPublishedEventArgs e)
{
    Debug.WriteLine("MessageId = " + e.MessageId + " Published = " + e.IsPublished);
}
```

Figura 9 – Creación y direccionamiento del cliente MQTT.

La Figura. 9 ejemplifica la creación y direccionamiento del cliente MQTT, así como la escritura del mensaje a ser enviado. MQTT es un protocolo abierto, sencillo, ligero y fácil de implantar, por lo cual responde a las necesidades de la industria 4.0, como el ser muy rápido, utilizar el ancho de banda de red de forma eficiente y consecuentemente posibilitar un tiempo de respuesta superior al resto de protocolos web actuales.

5.5. Análisis de Resultados

La viabilidad del sistema de tele operación propuesto ha sido probado y validado mediante experimentos reales utilizando el robot KUKA youBOT como esclavo, comandado desde el maestro Leap Motion que se encuentra en el CPF como se muestra en la Figura. 10



Figura 10 – Sitio local del sistema propuesta.

Por otra parte, con el fin de establecer la calidad del sistema de captación de movimiento del dispositivo Leap Motion, se ha tomado datos en función de las órdenes enviadas y órdenes ejecutadas como se muestra en la Figura 11, llegando a la conclusión de que cada actividad de inspección o mantenimiento realizada en el "well-pad" se la puede hacer sin ningún tipo de inconveniente y con una eficiencia alta correspondiente 91,6%.

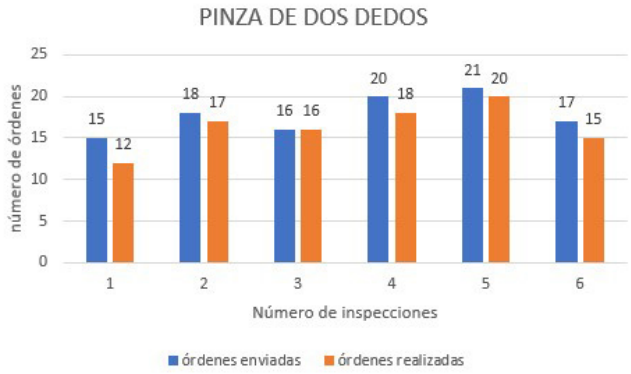


Figura 11 – Número de órdenes enviadas vs número de órdenes recibidas por la pinza de dos dedos.

6. Conclusiones y Trabajos Futuros

Esta investigación ha presentado el desarrollo de un sistema de tele operación industrial. Para aumentar la transparencia de este sistema una interfaz desarrollada en Unity 3D fue implementada, cuyo diseño y programación se basa en información real del "well-pad" en estudio. El sistema de tele operación, además, presenta la conmutación de señales de control, mediante el sentido de cinestesia, para manipular tanto a la plataforma omnidireccional o al brazo robótico que conforman el KUKA youBOT.

Los trabajos futuros se enfocan en la implementación de métodos de predicción de objetivos, esto con el fin de reducirá aún más los errores humanos y tener una mayor precisión al momento de realizar inspecciones o mantenimientos dentro del "well-pad". Además de ofrecer una mejora en la seguridad de las actividades, a largo plazo se propone el objetivo de conseguir un funcionamiento más fiable del sistema ofreciendo una mayor vida útil, además de una mayor rentabilidad de la explotación, inspección y mantenimiento de equipos especializados.

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 "Implementación de Arquitecturas para Fog Computing y su uso en entornos industriales"*

Referencias

Álvares, A. J., & Romariz Jr, L. (2002). Telerobotics: Methodology for the development of a through-the-internet robotic teleoperated system. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences*, *24*(2), 112-126.

Asaad, M., Ahmad, F., Alam, M. S., & Rafat, Y. (2018). IoT Enabled Monitoring of an Optimized Electric Vehicle's Battery System. *Mobile Networks and Applications*, *23*(4), 994-1005. https://doi.org/10.1007/s11036-017-0957-z

Aschenbrenner, D., Fritscher, M., Sittner, F., Krauß, M., & Schilling, K. (2015). Teleoperation of an Industrial Robot in an Active Production Line. *IFAC-PapersOnLine*, *48*(10), 159-164. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.08.125

Blumenthal, S., Shakhimardanov, A., & Nowak, W. (2016). *KUKA youBot User Manual*. 48.

Burgner, J., Swaney, P. J., Rucker, D. C., Gilbert, H. B., Nill, S. T., Russell, P. T., … Webster, R. J. (2011). A bimanual teleoperated system for endonasal skull base surgery. *2011 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 2517-2523. https://doi.org/10.1109/IROS.2011.6094722

Castellanos, E. X., Garcia, C. A., Rosero, C., Sanchez, C., & Garcia, M. V. (2017). Enabling an automation architecture of CPPs based on UML combined with IEC-61499. *2017 17th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS)*, 471–476. https://doi.org/10.23919/ICCAS.2017.8204485

Garcia, C. A., Naranjo, J. E., Campana, L. A., Castro, M., Beltran, C., & Garcia, M. V. (2018). Flexible Robotic Teleoperation Architecture under IEC 61499 Standard for Oil Gas Process. *IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA*, *2018-September*, 1269-1272. https://doi.org/10.1109/ETFA.2018.8502520

Kelly, R., & Santibáñez, V. (2003). *Control de movimiento de robots manipuladores*. Pearson educación.

Leap Motion. (2018). Recuperado 23 de septiembre de 2018, de https://www.leapmotion.com/

Liaw, J.-F., & Tsai, P.-H. (2017). Target prediction to improve human errors in robot teleoperation system. *2017 International Conference on Applied System Innovation (ICASI)*, 1094-1097. https://doi.org/10.1109/ICASI.2017.7988185

Lipkin, H. (2005). A Note on Denavit-Hartenberg Notation in Robotics. *Volume 7: 29th Mechanisms and Robotics Conference, Parts A and B*, *2005*, 921-926. https://doi.org/10.1115/DETC2005-85460

Nagatani, K. (2006). *Industrial & Management Engineering fields Improvement of odometry for omnidirectional vehicle using optical flow information*.

Naik, N. (2017, octubre). *Choice of effective messaging protocols for IoT systems: MQTT, CoAP, AMQP and HTTP*. 1-7. https://doi.org/10.1109/SysEng.2017.8088251

Naranjo, J. E., Ayala, P. X., Altamirano, S., Brito, G., & Garcia, M. V. (2018). Intelligent Oil Field Approach Using Virtual Reality and Mobile Anthropomorphic Robots. En L. T. De Paolis & P. Bourdot (Eds.), *Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics* (Vol. 10851, pp. 467-478). https://doi.org/10.1007/978-3-319-95282-6_34

Nasirian, A., & Khanesar, M. A. (2016). Sliding mode fuzzy rule base bilateral teleoperation control of 2-DOF SCARA system. *2016 International Conference on Automatic Control and Dynamic Optimization Techniques (ICACDOT)*, 7-12. https://doi.org/10.1109/ICACDOT.2016.7877542

Sanders, D. (2010). Comparing ability to complete simple tele-operated rescue or maintenance mobile-robot tasks with and without a sensor system. *Sensor Review*, *30*(1), 40-50. https://doi.org/10.1108/02602281011010781

SlawiNski, E., & Mut, V. (2008). Transparency in Time for Teleoperation Systems. *2008 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 200-205. https://doi.org/10.1109/ROBOT.2008.4543209

Unity. (2018). Recuperado 23 de septiembre de 2018, de https://unity3d.com/es/unity

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

Recebido/Submission: 03/11/2019
Aceitação/Acceptance: 12/01/2020

Tendencias investigativas en el estudio de la ciberdefensa: un análisis bibliométrico

Alejandro Valencia-Arias[1], Orfa Patiño-Toro[2], Arturo Arenas-Fernández[3], Luis Fernando Garcés-Giraldo[4], Ana María Umba-López[5], Martha Luz Benjumea-Arias[6]

jvalencia@americana.edu,co, orfapatino@itm.edu.co, afarenas@americana.edu.co, lgarces@americana.edu.co, amumbal@unal.edu.co, marthabenjumea@itm.edu.co

[1]Corporación Universitaria Americana, Medellín, Colombia.

[2]Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia

[3]Corporación Universitaria Americana, Medellín, Colombia.

[4]Corporación Universitaria Americana, Medellín, Colombia.

[5]Institución Universitaria Escolme, Medellín, Colombia.

[6]Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia.

Pages: 366–379

Resumen: La ciberdefensa se ocupa de la protección de la información en la búsqueda por luchar en contra de ataques de vulneren la soberanía y control de los recursos tecnológicos e informáticos. Dada la importancia investigativa que ha adquirido este tema actualmente, el objetivo de este artículo es examinar las tendencias investigativas en el estudio de la ciberdefensa a partir de un análisis bibliométrico entre 1992 y 2019. La metodología se basa en un análisis bibliométrico de 641 documentos recopilados a partir de una ecuación de búsqueda en Scopus, para esto se calculan los indicadores de cantidad, calidad y se registran las temáticas emergentes. Entre los resultados se observa que los países con más investigaciones en el campo son: Estados Unidos, China, India y Reino Unido. Adicionalmente, las temáticas emergentes en ciberdefensa se encuentran: redes de seguridad, crimen computacional, ciberseguridad, toma de decisiones, malware y teoría de juegos.

Palabras-clave: bibliometria; ciberdefensa; tendencias

Research trends in the study of cyber defense: a bibliometric analysis

Abstract: Cyber defense is concerned with the protection of information in the search for fighting against attacks that violate the sovereignty and control of technological and computer resources. Given the research importance that this topic has acquired in recent years, the aim of this article is to examine the research trends in the study of cyber defense from a bibliometric analysis between 1992 and 2019. The methodology is based on a bibliometric analysis of 641 documents compiled from a search equation in Scopus, for this the quantity and quality indicators are calculated and emerging themes are recorded. The results show that the countries

with more research in the field are: United States, China, India and United Kingdom. Additionally, the emerging themes in cyberdefense are: safety networks, computer crime, cybersecurity, decision making, malware and game theory.

Keywords: cyber defense; bibliometrics; trends

1. Introducción

Los conceptos de seguridad y defensa presentan una relación complementaria donde la seguridad evoca una condición de confianza y de sensación de estar libre de riesgos, amenazas y peligros, mientras que la defensa hace referencias a las diferentes medidas, ya sean militares o no, que protegen a las personas de esos riesgos, peligros y amenazas. De esta manera la seguridad aboga por garantizar libertad individual de forma colectiva y la defensa brinda protección y conservación contando con una capacidad de respuesta a las amenazas, para que la comunidad se sienta segura (Vargas, 2008). Estos conceptos entonces se integran y son inherentes a la supervivencia y desarrollo de la sociedad, más aún cuando las naciones basan su estructura social y política en la capacidad que poder responder y defenderse a las amenazas, peligros y riesgos que se puedan alzar contra las personas de dichas naciones (De Vergara, 2009), así como sus bienes e intereses, por lo que se vuelve un asunto de relevancia en términos de conducción político-estratégica de la defensa de las naciones.

La sociedad se encuentra inmersa en el ciberespacio, un escenario virtual en el que todas estas interacciones se dan a cada segundo, que conectan a millones diariamente y en donde la información fluye en todas las direcciones. En este ciberespacio es donde se dan lugar también muchas de las transacciones que promueven la economía, por lo que se puede ver la estrecha relación que existe entre el mercado digital y la economía, así como también el manejo que se tiene de la información en el ciberespacio y la seguridad de dicha información, por lo que el avance tecnológico debe estar ligado a el desarrollo de defensas para proteger este recurso, que se vuelve cada vez valioso, no solo para los individuos sino también para organizaciones y naciones (Vargas, Recalde & Reyes, 2017).

A pesar de que el desarrollo tecnológico ha traído grandes beneficios para la sociedad en general también ha supuesto nuevos retos para salvaguardar la información que se maneja en el ciberespacio, ya que estos adelantos también integran nuevas formas para obtener esta información violando las barreras de seguridad que las organizaciones y compañías tienen dispuestas. Estos ataques cibernéticos han sido fuertemente cuestionados por motivos de seguridad, como el ataque hecho a Sony Pictures en 2014 donde ingresaron y revelaron cierta información de lanzamientos cercanos, así como asuntos de interés mucho más político como el conocido caso Snowden, donde se filtró información acerca de la recopilación, procesamiento y almacenamiento con fines de uso políticos y económicos por parte de los Estados Unidos. Este tipo de ataques con intereses políticos prendió las alarmas en torno a la seguridad informática, haciendo un llamado sobre leyes que pudieran proteger a las compañías e instituciones de este tipo de ataques (Cayón & García, 2014).

Es innegable que así cómo la tecnología y sus avances han moldeado y transformado muchos aspectos de la vida cotidiana, cambiando la forma de pensar y actuar en la vida,

también has significado una nueva dimensión para la guerra, ya que, aunque no se hable de balas y explosiones, los ataques cibernéticos significan una nueva forma para vulnerar la estabilidad de las naciones. Los ciberataques comprenden también aquellos delitos cómo el robo de identidad o suplantación, ataques a páginas web y ataques a la información bancaria y robo de dinero por vía electrónica, que afectan directamente a los usuarios del cotidiano, sobre todo en una nueva era en que las compras electrónicas son muy usadas y donde los usuarios manejan la mayoría de su información desde sus dispositivos móviles. Así también, los ataques que alarman a las autoridades son aquellos que tiene como objetivo equipamientos militares y bélicos o infraestructura crítica de algún país o región (Llongueras, 2013), por lo que la ciberdefensa es un asunto de carácter global donde los individuos requieren de ayuda para la protección de su información y las naciones luchan en contra de ataques de vulneren su soberanía y control sobre sus recursos tecnológicos e informáticos.

Luego la modernización de la industria y de los sistemas de seguridad nacional con la introducción de las tecnologías de la información han incrementados los riesgos en la seguridad, los cuales se basan en avanzadas amenazas que operan en modos distintos y que retan los sistemas de protección convencionales, por lo que lo sistemas de información se vuelve cada vez más complejos y críticos pues se encuentran más atacados y que pueden ser víctima de lo que se denomina una Amenaza Persistente Avanzada (APT, Advanced Persistent Threat por sus siglas en inglés) (Singh et al., 2016), la cual hace referencia a un ataque cibernético que pasa desapercibido por un tiempo en la red invadida y puede penetrar en el sistema y causar estragos con la información, por lo cual se han venido adelantando estudios en sistemas que ayuden a detectar estas entradas maliciosas haciendo énfasis en descubrir la forma en la que opera y poder revertir y evitar los efectos negativos, asegurando la información, por lo que se han introducido los conocidos como Sistemas de Detección de Intrusiones, IDS (por sus siglas en inglés, Intrusion Detection Systems) (Rubio et al., 2019).

De esta manera, como se había afirmado anteriormente, dichos desarrollos tecnológicos usados para el ataque cibernético han provocado el desarrollo de tecnología para la ciberdefensa , por ejemplo, las técnicas signature-based IDS que se enfocan en identificar los patrones que los softwares maliciosos tiene dentro de una red para poder contratacar, o los anomaly-based IDS, que comparan el estado actual del sistema y sus datos generados con el comportamiento normal del sistema, para identificar las desviaciones presentes cuando ocurre una intrusión. Sin embargo, estas técnicas presentan fallas debido a la naturaleza de la información y de los sistemas, así como de las de anomalías, por lo que nuevas técnicas se basan en la inteligencia artificial y estadística para poder darle un nivel diferente de adaptación que dependen del programa y la estructura del sistema a proteger (Gyanchandani et al., 2012).

Este asunto es de gran interés para las naciones desarrolladas como las europeas como Alemania en la que en 2017 se reportaron más de 2 millones intentos de ingresar en los sistemas de información del ejército de este país, de los cuales 8.000 tenían un gran potencial de daño tanto para seguridad nacional, como para asuntos que comprometían la economía. Estos ciberataques e intentos de espionaje fueron atribuidos a hackers de países como China, Rusia e Irán, y que fueron detenidos gracias a los mecanismos de ciberdefensa que las fuerzas militares alemanas desarrollaron a través de la invención de

la nación en este tipo de herramientas creadas en el Centro de Cibernética e Información, CIR (por sus siglas en alemán) (Somaskanda, 2018).

En general se destaca la ciberdefensa como una herramienta de gran interés para la defensa de uno de los recursos más importantes en el mundo globalizado y tecnológico en el que se desarrolla la sociedad, la información. Desde los individuos en su cotidiana, las empresas y organizaciones, hasta los altos mandos y estructuras de la defensa nacional de los países, adoptan la ciberdefensa como un tema de interés prioritario y apoyan el desarrollo investigativo en el tema para generación de nuevas ideas y tecnologías para la seguridad de la información. Por la importancia del tema, se plantea esta investigación enfocada en examinar las tendencias investigativas en el estudio de la ciberdefensa a partir de un análisis bibliométrico entre 1992 y 2019.

2. Metodología

La metodología llevada a cabo consiste en un análisis bibliométrico a partir de la construcción de una ecuación de búsqueda en la base de datos Scopus. En el análisis bibliométrico son aplicados métodos cuantitativos que permiten la recolección de un conjunto de métodos matemáticos y estadísticos que se usan para cuantificar el número y calidad de las publicaciones, cuyos resultados aportan a la toma de decisiones a partir del suministro de información útil para el avance de las investigaciones y el desarrollo científico (Cadavid, Awad & Franco, 2012; Arias-Ciro, 2020).

Se ha seleccionado esta base de datos debido a la gran cantidad de información académica que alberga y la calidad de sus fuentes de información (Martín-Ravelo & Carbonell-de la Fe, 2015). El periodo de exploración se extendió entre 1992 y 2019. La investigación arrojó un total de 641 registros a partir de una ecuación cuyos resultados posteriormente fueron procesados e interpretados con ayuda de Microsoft Excel. La siguiente fue la ecuación usada para la presente investigación:

(TITLE (cyberdefense OR {cyber defense} OR "cyber-defense") OR KEY (cyberdefense OR {cyber defense} OR "cyber-defense"))

Frente a los indicadores planteados en el artículo se encuentran indicadores de cantidad (publicaciones por año, principales revistas, productividad de autores, instituciones, y países); asimismo, aparecen indicadores de calidad, midiendo el impacto de las citaciones por autor, revista y año.

3. Resultados

3.1. Indicadores de cantidad

3.1.1. Publicaciones por año

Este indicador muestra el comportamiento que tiene el tema de interés a lo largo de los años, como se puede ver en la figura 1 donde el primer registro sobre el tema se remonta al año 1992, pero que solo en 2003 empieza a tener relevancia y recurrencia, empezando a crecer en cuando a los productos publicados que giran alrededor del tema.

Un aumento significativo se produce en 2012, teniendo el pico de producción científica en el año 2018 con 88 publicaciones. Como se puede observar la tendencia se marca hacia el incremento cada año.



Figura 1 – Publicaciones por año a partir de la información recolectada en Scopus (Elsevier)

Otro aspecto importante a tener en cuenta es la vida media que tiene la información que se tiene a disposición a raíz del desarrollo de la temática, este aspecto es importante para las futuras investigaciones y para los autores ya que pueden saber qué clase de información tiene y cuál es la vigencia de la misma. En la figura 2 se puede observar como este valor ha ido cambiado a lo largo de los años teniendo una vida promedio de 3.4 años.

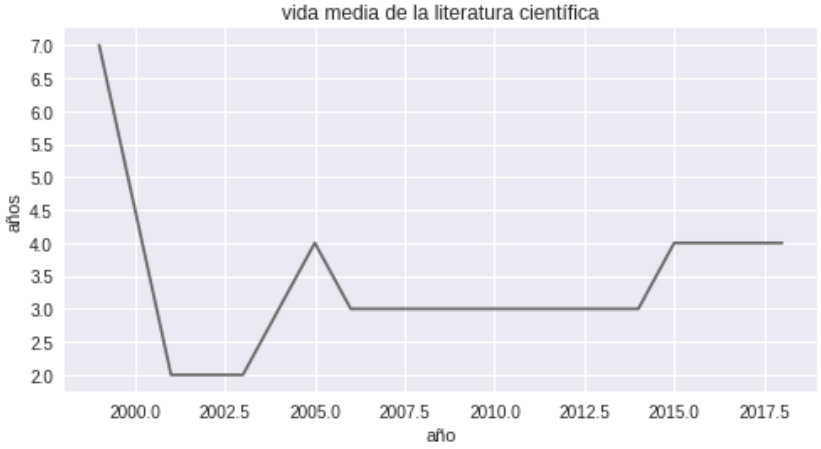


Figura 2 – Vida media de la literatura científica a partir de la información recolectada en Scopus (Elsevier).

3.1.2. Publicaciones por revista

En este indicador se enfoca en el análisis sobre las revistas que tienen una mayor cantidad de publicaciones relacionadas en el tema de interés y la manera en que estas publicaciones se distribuyen. En la figura 3 se puede observar las 10 revistas con mayor cantidad de publicaciones sobre ciberdefensa. En primer lugar, se tiene la revista Lecture Notes in Computer Science con 42 publicaciones asociadas, esta revista publicada por Springer Science y se enfoca en la difusión de avances en temas asociados a las ciencias de la computación en formato de actas, estados del arte, monografías de investigación, sobre los temas de tendencia en el campo.

En segundo lugar, con 18 publicaciones esta la revista European Conference on Information Warfare and Security, ECCWS, esta hace referencia a las publicaciones asociadas a los trabajos y avances presentados en este evento europeo que se desarrolla anualmente y que se basa en la guerra cibernética y la seguridad con aplicaciones en el sector militar e industrial. En tercer lugar, se tienen a dos revistas asociadas a eventos académicos sobre ciencias de la computación y ciberseguridad que hace referencia a la publicación de los papers producto de las investigaciones en los temas centrales de cada conferencia, por un lado ACM International Conference Proceedings Series, una publicación de trabajos y resumes de esta división de la Asociación de maquinaria computacional, y por otro lado, se encuentra la International Conference on Cyber Conflict (CYCON), que se enfoca en perspectivas técnicas, legales, políticas y estrategias en el entorno militar en ciberdefensa y seguridad.

Cabe resaltar que el resto de las revistas listadas hacen referencias a publicaciones resultados de los eventos científicos y técnicos relacionados a los sistemas computaciones enfocados en la ciberdefensa, de igual manera se encuentran entre este top 10, algunas revistas que se especializan en la ciberdefensa, el modelado y la seguridad, con una tendencia hacia las aplicaciones militares.

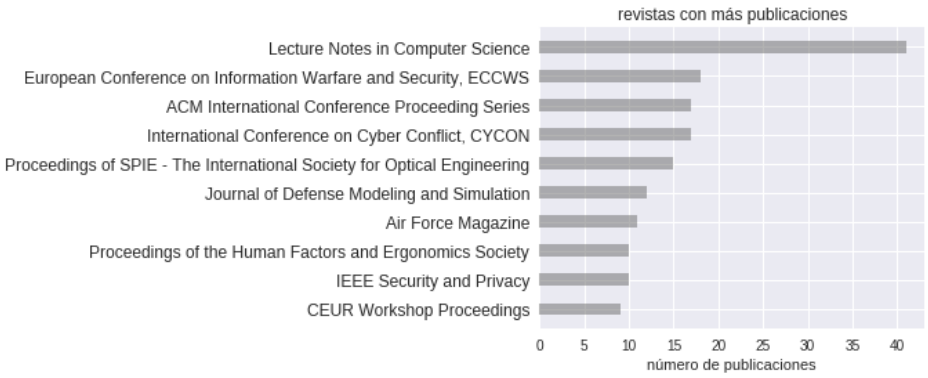


Figura 3 – Publicaciones por revista a partir de la información recolectada en Scopus (Elsevier).

También se puede obtener del análisis de los resultados obtenidos en este indicador, que el 50% de la producción académica desarrollada es hecha por solo el 15 % de las

revistas consultadas, y basados en el índice de transitoriedad, se tiene que el 77.5 % de las revistas ha publico solo un trabajo.

3.1.3. Publicaciones por país

En este indicador se listan los 10 países que mayor cantidad de publicaciones sobre ciberdefensa tiene asociados. El país líder en el tema es Estados Unidos con 325 publicaciones asociadas que se puede atribuir al auge que tiene este tema dentro de los estándares de seguridad nacional del país con sus agencias de inteligencia y desarrollo tecnológico. En segundo lugar, con una gran diferencia respecto al primero, se encuentra el Reino Unido con 38 publicaciones, seguido de la India con 21 y China con 19 publicaciones. Es claro que el resto de los países en lista cuentan con menor cantidad de publicaciones liderados por países europeos y Sudáfrica como el único país africano en lista.

Se tiene además que el 50 % de la producción académica es desarrollada por solo el 1,6 % de los países, como es evidente con el rango de publicaciones que tiene los Estados Unidos en el tema, dejando así que el 34 % del resto de países han publicado un solo trabajo en el tema.

3.1.4. Tipo de publicación

El tipo de publicación con mayor participación es el de los paper o trabajos expuestos en conferencias y eventos académicos como se pudo ver en relación a las revistas que mayores aportes tienen en la difusión del conocimiento que están asociadas a este tipo de eventos, y con el 63 % marcan esta tendencia. Luego con una participación del 23,3 % se tiene a los artículos científicos que se publican en revistas especializadas e indexada, seguido con los capítulos de libros con un 6,8 % y las editoriales con el 1,7 %. El restante 5,1 % corresponde a la categoría otros, en los que se puede incluir los resúmenes, los libros, así como monografías en los que se desarrolla el tema de interés.

3.1.5. Publicaciones por autor



Figura 4 – Autores con más publicaciones a partir de la información recolectada en Scopus (Elsevier).

En la figura 4 se listan los autores que mayor aporte tienen asociado en el desarrollo de la ciberdefensa. Con 11 publicaciones el autor P. Liu es quien lidera el grupo, seguido de P. Pal con 10 publicaciones y en tercer lugar se tiene a los autores D. Jacobson y J.A. Rursch con 9 publicaciones cada uno. Con 8 publicaciones se encuentran 3 autores: B.M. Mehtre, J. Kallberg y M. Atighetchi. Para finalizar la lista se encuentran otros 3 autores que cuentan con 7 publicaciones cada uno, L. Shi, F. Webber y S. Xu. Cabe rescatar que la distribución entre los autores con mayor producción no es muy diferenciada en términos de cantidades. Además, se tiene que el 34,4 % de los autores consultados son los responsables del 50 % de la producción académica, mientras el 83 % de los autores han publicado un solo artículo en el tema de interés.

3.2. Indicadores de calidad

Estos indicadores hacen referencia a las citaciones que se tienen frente a la producción académica en los diferentes ámbitos, como se muestra a continuación

3.2.1. Impacto por revista

Se tienen las revistas con mayor impacto al contar con el mayor número de citaciones de las publicaciones hecha en las mismas. En primer lugar, se encuentra Lectures Notes in Computer Science con 157 citaciones asociadas, esta revista que cuenta además con subseries en Inteligencia Artificial y Bioinformática, es también la revista que cuenta con mayor cantidad de publicaciones asociadas como se pudo ver en la figura 3. En segundo lugar, está la revista IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems que cuenta con 153 citaciones y que es una revista se especializa en las áreas de investigación de sistemas paralelos y distribuidos. Cerca con 144 citaciones se encuentra la revista Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society que centra su actividad en temas como la ergonomía y factores humanos en las diferentes profesiones y campos de estudio, el resto de revistas cuentan con menos de 140 citaciones como se puede ver en la figura 5. Es de resaltar a las revistas ACM Transactions on information and systems security y IEEE Security and Privacy que también se encuentran listadas entre las de mayor producción académica.



Figura 5 – Revistas con más citaciones a partir de la información recolectada en Scopus (Elsevier).

Además, se pudo analizar los datos para obtener la distribución de estas citaciones donde se encontró que solo el 1,6 % de las revistas consultadas son las responsables de tener el 50 % de las citaciones en el campo de interés. De esta manera también se tiene que el 28,1 % de las revistas cuentan con solo una citación.

3.2.2. Impacto por país

Los países que cuentan con el mayor número de citaciones asociadas en el ejercicio académico respecto a la ciberdefensa. Como es de esperarse los Estados Unidos es el líder indiscutible de este listado pues también es el país líder en la producción académica (ver figura 5) pues cuenta con 1720 citaciones que en comparación con China que, con el segundo lugar, cuenta con tan solo 105 citaciones. Los siguientes que figuran en la lista son: India con 102 y el Reino Unido con 98. El resto de los países cuentan con menor cantidad de citaciones donde solo se listan países de Europa y Asia.

3.2.3. Autores con más citaciones

Esta lista destaca a los 10 autores con mayor impacto en el campo de la ciberdefensa, asociado a las citaciones que se tienen sobre sus trabajos investigativos. Como se pudo ver en la figura 7, el autor P. Liu es quien lidera estas listas, siendo también el autor con mayor cantidad de citaciones con 278, en segundo lugar, con 150 citaciones se encuentran 3 autores, K. Hwang, W.S Ku y Y. Chen. El resto de los autores listados cuentan con menos de 130 citaciones asociadas, donde se destacan P. Pal, M. Atighetchi y F. Webber que también figuran como los autores con mayor producción (ver Figura 6).



Figura 6 – Autores más citados a partir de la información recolectada en Scopus (Elsevier).

Además, se tiene del análisis que solo el 6 % de los autores consultados cuentan con el 50 % de las citaciones en el campo de la ciberdefensa, y por otro lado el 34,5 % de los autores no cuentan con ninguna citación, lo que muestra un grado de distribución no muy uniforme.

3.3. Tendencias temáticas

En la figura 7 se puede ver el comportamiento que se tiene sobre algunas temáticas analizadas desde dos periodos de tiempo el primero comprendido hasta el 2014 y el segundo desde 2015 a 2019 a través del análisis de las palabras clave utilizadas en las publicaciones desarrolladas. Aunque no se encontraron temas emergentes de alta demanda, se pudo observar el gran crecimiento de los temas que se venían trabajando desde tiempo atrás. Sin lugar a duda la tendencia temática más marcada en ambos periodos de tiempo analizados es la relacionada con la Seguridad en la red, la cual básicamente consiste en el conjunto de políticas y prácticas que se adoptan para lograr la prevención y la supervisión en el acceso no autorizado a una red informática y sus recursos, así como su uso indebido, la modificación o la denegación de esta red. Crimen computacional y Ciberseguridad siguen en lista de tendencias, las cuales se asocian directamente con la ciberdefensa al estar integradas desde el estudio de las opciones de crimen en el ámbito computacional, así como desde los avances desarrollados en la seguridad en este mismo ámbito. De esta manera también se integran la Seguridad de los datos ya que son los activos más valiosos dentro de los sistemas de información, y aliado con los crímenes cibernéticos, se integran los ciberataques, los softwares maliciosos y las detecciones de intrusión dentro de los sistemas informáticos, los cuales hacen parte de las tendencias en materia investigativa en los últimos años.

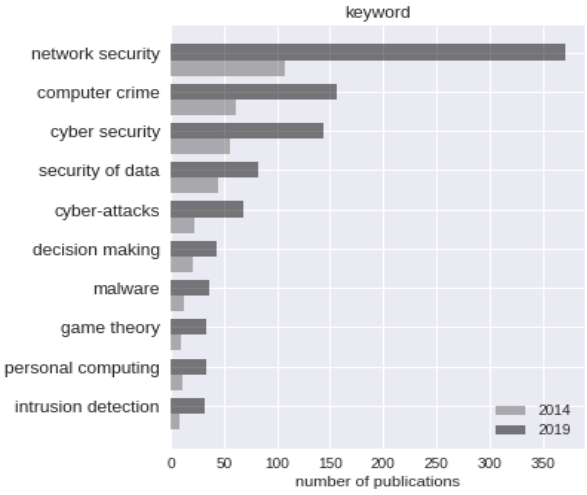


Figura 7 – Temáticas en tendencia a partir de la información recolectada en Scopus (Elsevier).

Entre los temas más estudiados en la actualidad se encuentran “Network security”, este hace referencia a la automatización de la seguridad en la red, junto con la evaluación de la vulnerabilidad y la fuga de información, juegan un papel integral en el ciberespacio para mejorar las preocupaciones de seguridad mediante el uso de algoritmos potenciales, en un medio donde las redes y plataformas cibernéticas son propensas a los ciberataques (Mangalraj, 2019; Yavanoglu y Aydos, 2017) pues se ha revelado que dichos ataques cibernéticos han crecido en un 45% en los últimos 5 años (Mangalraj, 2019) y presenta

un crecimiento constante. Es por lo anterior que Yavanoglu y Aydos, (2017) estudian y comparan los conjuntos de datos más utilizados en las técnicas de aprendizaje automático inteligente y artificial, que son las herramientas principales para analizar el tráfico de red y detectar anomalías.

Otro de los temas hace referencia a "Computer crime" ya que los abogados, las políticas penales y el personal de los tribunales tienen que ocuparse de los delitos cometidos con "armas" digitales (Nodeland, Belshaw y Saber, 2019), cuyas evidencias deben examinarse y denunciarse aplicando métodos forenses digitales. Es por esta razón que el estudio realizado por Antunes y Rabadão, (2018) presenta el desarrollo de un curso de maestría en seguridad informática y forense digital en una universidad de Portugal, teniendo en cuenta que el análisis forense digital es un área de estudio reciente y de rápido crecimiento que necesita más profesionales graduados.

Otro de los temas relaciones hace referencia a la seguridad cibernética, este ocupa un lugar destacado en la agenda de los CEO y altos funcionarios del gobierno porque saben que la seguridad en línea ya no puede abordarse parcialmente o ignorarse incómodamente (VanDerwerken y Ubell, 2011). Además, para el éxito de cualquier red, lo más importante es que la red sea completamente segura, de lo contrario, las personas podrían ser reacias a usar dicha tecnología (Roopak, Tian y Chambers, 2019). Sin embargo, se ha observado que la defensa cibernética se ve seriamente desafiada por la escasez de expertos en seguridad cibernética altamente calificados (VanDerwerken y Ubell, 2011; LeClair, Hollis y Pheils, 2014), quienes deben tener una sólida formación en TI, con experiencia en nuevas tecnologías de vanguardia, que son necesarios para desarrollar y proteger los sistemas digitales (LeClair, Hollis & Pheils, 2014).

Otro tema de interés es la seguridad de los datos, esta ha sido un área de investigación y enseñanza dentro de diversas disciplinas informáticas en la educación superior casi desde los inicios de las computadoras modernas (Parrish, 2018). Sin embargo, hoy la necesidad de seguridad de los datos ha ido más allá de sus límites organizativos tradicionales y se está convirtiendo en un requisito para todos los usuarios de tecnología de la información (Reid y Van Niekerk, 2014).

3.4. Evolución del tema

En la figura 8 se muestra en orden cronológico los factores recurrentes de los autores que han realizado estudios sobre ciberdefensa, por medio de la cual se puede observar cómo ha sido la evolución de las temáticas tratadas a lo largo de los años. Un comportamiento a resaltar es que, en todos los periodos de tiempo, el tema predominante es la educación en ciberseguridad, lo cual es debido en gran parte a la importancia que cobra la protección de los datos, las grandes pérdidas que puede ocasionar en cualquier organización los ciberataques y la escasez de profesionales para trabajar en el área. Entre el 2002 y el 2007 se empiezan a estudiar las formas efectivas de enseñar ciberseguridad, mientras que para el periodo entre el 2008 y el 2011, se relacionan otros conceptos al aprendizaje de ciberseguridad como la gestión del conocimiento y tecnologías de información. Para el periodo comprendido entre el 2012 y el 2016 se proponen diferentes herramientas para mejorar el aprendizaje, se asocia la ciberseguridad con las ciencias sociales y se estudia el papel que juega la investigación dentro del tema. Finalmente, a partir del

año 2017 y hasta la actualidad (2019), se estudia el tema de ciberseguridad en redes inteligentes y pequeñas y medianas empresas, como también se tiene en cuenta el factor cultural para desarrollar programas de aprendizaje en ciberseguridad.



Figura 8 – Gráfico de evolución a partir de la información recolectada en Scopus (Elsevier).

4. A modo de conclusión

Teniendo en cuenta los análisis realizados en esta bibliometría, se presenta la agenda de investigación que incluye una serie de recomendaciones y hallazgos sobre ciberdefensa, con el fin de dar una orientación para futuras investigaciones.

- Debido a que todas las organizaciones están expuestas a ciberataques, es importante seguir estudiando cómo se puede desarrollar programas de educación en ciberseguridad para las pequeñas y medianas empresas, el cual es un tema que surgió este año (2019), pues en muchas de estas organizaciones la ciberseguridad no es un aspecto que cobre la importancia debida y se pueden ver gravemente afectadas.
- Actualmente existe un déficit de profesionales que trabajen en ciberdefensa y ciberseguridad, por lo tanto, se vuelve un tema de gran interés estudiar la intención de los profesionales para enfocarse en dichas áreas y como se pueden ver motivados para querer trabajar en el campo.
- Otra oportunidad de estudio sobre el tema, es hacer actualizaciones sobre los tipos de ciberataques existentes mediante caracterizaciones que permitan crear métodos de ciberdefensa ante estos. Además, es evidente que día a día surgen nuevas formas de realizar ciberataques, por lo tanto, es un tema que necesitaría ser estudiado constantemente para estar actualizado.
- Siguiendo la idea del ítem anterior, para algunos tipos de ciberataques se han venido desarrollando métodos automáticos que son capaces de descifrar anomalías en los sistemas y de esta forma poner en alerta sobre los posibles

ataques. Así, teniendo conocimiento sobre el tipo de ciberataques existentes, otra oportunidad de estudio en el tema es seguir construyendo modelos automáticos que alerten sobre posibles anomalías que permitan identificar el tipo de ataque y de esta forma poder prevenirlo.

- En los últimos años los ciberataques han tenido un crecimiento significativo, por lo que seguir estudiando y creando modelos de predicción que permitan pronosticar acertadamente cuando un sistema está en riesgo de ser atacado, se vuelve de gran interés en el campo de la ciberdefensa, pues actualmente existen modelos, pero sus predicciones no son completamente acertadas.

Referencias

Antunes, M., & Rabadão, C. (2018, December). Cybersecurity and Digital Forensics–Course Development in a Higher Education Institution. In *International Conference on Soft Computing and Pattern Recognition* (pp. 338-348). Springer, Cham.

Arias-Ciro, J. (2020). Estudio bibliométrico de la eficiencia del gasto público en educación. *Revista CEA, 6*(11), 127-144. https://doi.org/10.22430/24223182.1588

Cadavid, L., Awad, G., & Franco, C. J. (2012). Análisis bibliométrico del campo modelado de difusión de innovaciones. *Estudios Gerenciales: Journal of Management and Economics for Iberoamerica, 28*, 213-236.

Cayón, J. García, L. (2014) La importancia del componente educativo en toda estrategia de Ciberseguridad. Estudios en Seguridad y Defensa. Centro de estudios estratégicos sobre seguridad y defensa nacionales, 9(18), 5-13.

De Vergara, E. (2009). Las diferencias conceptuales entre seguridad y defensa. Instituto de Estudios Estratégicos de Buenos Aires. Argentina.

Gyanchandani, M., Rana, J., Yadav, R. (2012). Taxonomy of anomaly based intrusion detection system: a review. *International Journal of Scientific and Research Publications*. 2(12), 1–13.

LeClair, J., Hollis, K. M., & Pheils, D. M. (2014, March). Cybersecurity education and training and its Reliance on STEAM. In *2014 IEEE Integrated STEM Education Conference* (pp. 1-5). IEEE.

Li, C. (2014). A Browser-based Cybersecurity Software Web Training Environment.

Llongueras, A. (2013). La guerra inexistente, la ciberguerra. Madrid (Esp.). Eae Editorial Acad MIA Espa Ola.

Mangalraj, P. (2019, October). Implications of Machine learning in Cyber Security. In *IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence-Volume 24800* (pp. 142-143). ACM.

Martín Ravelo, A., & Carbonell de la Fe, S. (2015). La producción científica en Inteligencia Artificial: revistas del primer cuartil indexadas en Scopus Sciverse. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 9*(4), 72-88.

Nodeland, B., Belshaw, S., & Saber, M. (2019). Teaching Cybersecurity to Criminal Justice Majors. *Journal of Criminal Justice Education*, *30*(1), 71-90.

Parrish, A., Impagliazzo, J., Raj, R. K., Santos, H., Asghar, M. R., Jøsang, A., ... & Stavrou, E. (2018, July). Global perspectives on cybersecurity education for 2030: a case for a meta-discipline. In *Proceedings Companion of the 23rd Annual ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education* (pp. 36-54). ACM.

Reid, R., & Van Niekerk, J. (2014). Towards an Education Campaign for Fostering a Societal, Cyber Security Culture. In *HAISA* (pp. 174-184).

Roopak, M., Tian, G. Y., & Chambers, J. (2019, January). Deep Learning Models for Cyber Security in IoT Networks. In *2019 IEEE 9th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)* (pp. 0452-0457). IEEE.

Roopak, M., Tian, G. Y., & Chambers, J. (2019, January). Deep Learning Models for Cyber Security in IoT Networks. In *2019 IEEE 9th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)* (pp. 0452-0457). IEEE.

Singh, S., Sharma, P.K., Moon, S.Y., Moon, D., Park, J.H. (2016). A comprehensive study on apt attacks and countermeasures for future networks and communications: challenges and solutions. *The Journal of Supercomputing*. 1–32

VanDerwerken, J., & Ubell, R. (2011). Training on the Cyber Security Frontlines. *T+D*, *65*(6), 46-50.

Vargas, A. (2008) ¿Cómo entender la seguridad y la defensa? *Democracia, seguridad y defensa* (29), 2-4.

Wang, Y. J., Tseng, S. S., Yang, T. Y., & Weng, J. F. (2016, July). Building a frame-based cyber security learning game. In *International Symposium on Mobile Internet Security* (pp. 32-41). Springer, Singapore.

Yavanoglu, O., & Aydos, M. (2017, December). A review on cyber security datasets for machine learning algorithms. In *2017 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)* (pp. 2186-2193). IEEE.

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

Recebido/Submission: 09/12/2019
Aceitação/Acceptance: 11/02/2020

Sistema de realidad aumentada para la enseñanza de calibración de instrumentación industrial

William Montalvo[1], Jennifer K. Bologna[2], Edisson P. Jordan-H[2], Alexandra Ortiz[2], Marcelo V. Garcia[2,3]

wmontalvo@ups.edu.ec, jbologna7458@uta.edu.ec, edissonpjordan@uta.edu.ec, ga.ortiz@uta.edu.ec, mv.garciac@uta.edu.ec.

[1] Universidad Politécnica Salesiana, 170146, Quito, Ecuador.

[2] Universidad Técnica de Ambato, 180103, Ambato, Ecuador.

[3] University of Basque Country, 48013, Bilbao, Spain.

Pages: 380–394

Resumen: La Realidad Aumentada (RA) es una herramienta de entrenamiento para el campo industrial, porque brinda experiencias virtuales que son imposibles en un entorno real, en términos de seguridad en la operación de equipos y costo. Por esta razón, la investigación realizada presenta un sistema de RA que permite a los usuarios entrenarse en el manejo de instrumentación HART, utilizando la plataforma Unity 3D y las gafas Meta 2. Esta aplicación ofrece una plataforma tiene ventajas para los usuarios, ya que pueden operar equipos costosos en su propia computadora en un entorno que perdona los errores. La validación del sistema se realizó mediante un módulo de evaluación, que le permite al usuario determinar el nivel de entrenamiento y construir de manera autónoma su propio aprendizaje, obteniendo respuestas positivas que evidencian que alrededor del 82% de la población evaluada.

Palabras-clave: Realidad Aumentada; Unity 3D; Entrenamiento industria; Instrumentos HART.

Augmented reality system for teaching instrumentation calibration in industry

Abstract: Augmented Reality (AR) is a training tool for the industrial field, because it provides virtual experiences that are impossible in a real environment, in terms of safety in equipment operation and cost. For this reason, this research presents an AR system that allows users to train in the calibration of HART instrumentation, using the Unity 3D platform and Meta 2 glasses. This application offers a platform that has advantages for users since they can operate expensive equipment on your own computer in an environment that forgives mistakes. The validation of the system was carried out through an evaluation module, which allows the user to determine the level of training and autonomously build their own learning, obtaining positive responses that show that around 82% of the population evaluated.

Keywords: Augmented Reality; Unity 3D; HART Devices; Industrial Training.

1. Introducción

La utilización de instrumentos inteligentes para el control de procesos y para la detección de problemas en la industria es cada vez más necesaria para evitar paros de producción o accidentes laborales, y brindar ambientes intrínsecamente seguros dentro de los procesos. Sin embargo, es bueno tener en cuenta ¿cuáles son los efectos de falta de formación y entrenamiento de los empleados en el manejo de estos instrumentos?, cuando el personal no está capacitado, las acciones y protocolos que deberían seguir no están claramente definidas, creando un ambiente de conflicto y confusión. Por ello la formación del personal se ha convertido es una necesidad, para reducir riesgos y prevenir daños al equipo y a los trabajadores. Las industrias, están en busca de potentes herramientas innovadoras para el aprendizaje y capacitación (Garcia, Caiza, Naranjo, Ortiz, & Garcia, 2019).

En los últimos años las tecnologías de la información se han hecho presentes en los diversos campos de la ingeniería y las áreas de capacitación y aprendizaje no han sido una excepción. Se han realizado varios estudios sobre las ventajas de los entornos virtuales para la capacitación, debido a su relación con el concepto de aprendizaje experiencial; La realidad virtual ofrece muchos recursos para dicha capacitación e implica menores costos y riesgos tanto de personal como equipos, no se necesitan equipos físicos (a menudo costosos), posibilidad de entrenar en equipos aún no desarrollados (Wild, 2016), además el diseño de la interactividad permite el aprendizaje activo, proporcionando a los usuarios seguridad y sentido de control, ya que pueden repetir el entrenamiento tantas veces como sea necesario y progresar a su propio paso, en fin acciones que no son posibles en el mundo real.

En el Ecuador la realidad virtual es bastante ajena a los avances tecnológicos y por ende a los empresarios y trabajadores cuesta entender como esta herramienta aportaría a la capacitación. Sin embargo expertos afirman que el potencial de los mundos virtuales 3D está arraigado en la posibilidad de ofrecer más procesos de aprendizaje centrados en los estudiantes, lo que requiere que los estudiantes estén más comprometidos confiando en actividades de interacción (Mendoza, 2016).

De la problemática descrita surge la necesidad de diseñar un innovador sistema de RA para aplicaciones de formación industrial, el cual permite reproducir imágenes creadas por ordenador para visualizar interactivamente un instrumento industrial con secuencias virtuales diseñadas para entrenar a un usuario en la puesta en marcha de instrumentos HART ya que la experimentación le permitirá al usuario adquirir habilidades que utilizaran en el lugar de trabajo real, familiarizándose con el uso del instrumento, tanto en la función que cumple, como en sus principios y procedimientos de operación.

El diseño del documento es el siguiente, la Sección 2 muestra algunas obras relacionadas que se han utilizado como punto de partida para esta investigación. La Sección 3 describe el estado de la tecnología que introduce los elementos usados en la metodología de esta investigación. Sección 4 ilustra un caso de estudio de RA para entrenamiento industrial. En la Sección 5 se presenta la solución propuesta para el caso de estudio. Finalmente, se establecen algunas conclusiones y trabajo a futuro en la Sección 6.

2. Obras Relacionadas

Dado que el propósito de un sistema de entrenamiento es ayudar a los usuarios a adquirir habilidades que utilizaran en el lugar de trabajo real, es importante que la simulación de escenas realistas del espacio de trabajo real proporcione las mismas interfaces de trabajo utilizadas en una situación real y hacerlos encajar en los métodos de entrenamiento. Basado en esta premisa se analizaron trabajos que involucran entrenamiento, cuyo foco están en el área industrial.

Bernal Zamora en su estudio (Bernal Zamora & Ballesteros-Ricaurte, 2017), proporciona una introducción a la tecnología de realidad virtual (VR) y sus posibilidades para la capacitación. Se centra en la inmersión como el valor añadido clave de la realidad virtual, y analiza las variables cognitivas conectadas a la misma, cómo se genera en entornos sintéticos, y cuáles son sus beneficios. Basada en esta perspectiva se pueden determinar los diversos requisitos de un Entorno Virtual para Entrenamiento (VET) para diferentes aplicaciones.

En cuanto al desarrollo de entornos virtuales a nivel industrial, existen trabajos en diferentes áreas como en la investigación Nguyen y Meixner (Nguyen & Meixner, 2019), presentan un entorno de realidad aumentada gamificada para cumplir con una tarea de ensamblaje industrial, enfocado en la participación del usuario donde este es representado por un avatar, los cuales logran realizar la operación de modo semejante al mundo real. Al igual que en el entorno propuesto esta aplicación consta de una interfaz 3D y se generaría aprendizaje debido a la participación activa y protagonista del usuario en un sistema de alta individualización que se adapta a su ritmo de aprendizaje.

El sistema virtual propuesto provee la simulación de equipos netamente industriales utilizando una plataforma de desarrollo de entornos de RA interactiva para aplicaciones de capacitación y educación industrial muy útil y completa, donde mediante un editor visual se podrá importar modelos 3D, texturas, etc., para después ir trabajando en ellas. El sistema posee un nivel de inmersión alto, debido a que usando un casco RVI (Realidad Virtual Inmersiva), podrá obtener una mayor interacción con el entorno así como la percepción de diferentes estímulos que intensifican la sensación de realidad.

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. Realidad Aumentada y Educación

Dentro de la incorporación de nuevas herramientas en los ambientes de capacitación y entrenamiento, la RA es una de las más destacadas e importantes tecnologías desarrolladas para este fin. Actualmente existen algunas aplicaciones de RA que se utilizan para la enseñanza de contenidos. De manera general, los contenidos que se han abordado utilizando esta tecnología son aquellos en que el usuario requiere la capacidad de manejar un alto nivel de abstracción para comprenderlos (Cabero Almenara & Barroso Osuna, 2016).

Esto se encuentra relacionado con las características que tiene la RA cómo tecnología, particularmente de generar un entorno inmersivo e interactivo; sensación que para los usuarios tiene importantes consecuencias en contextos educativos digitales (Cózar Gutiérrez, González-Calero Somoza, Villena Taranilla, & Merino Armero, 2019). En esencia los usuarios podrían aplicar su conocimiento adquirido en nuevos contextos o situaciones, generándose un fenómeno de transferencia de contenidos o de aprendizaje. Además debido a su alta interactividad como tecnología y metodología, se adapta muy bien a paradigmas como el Aprendizaje Basado en Problemas o la Enseñanza Orientada a la Acción.

3.2. Instrumentos industriales con protocolo HART

HART es un protocolo de comunicación para equipos de campo, diseñado para aplicaciones de medición y control de procesos industriales. Este estándar transforma la señal analógica de 4–20 mA en una señal digital modulada apta para uso industrial (Li & Dong, 2018). Los dispositivos HART indican si están configurados correctamente y si están siendo operados correctamente, permitiendo eliminar la necesidad de las revisiones de rutina y ayudando a detectar condiciones de falla antes de que estas provoquen un mayor problema en el proceso. Para realizar la configuración de un instrumento se utiliza un programador el cual hace de maestro secundario.

El maestro secundario simulado en el sistema de RA para configuración de equipos es el AMS Trex de la fábrica Rosemount el cual permite detectar los problemas de los equipos HART y se puede diagnosticar instrumentos en el campo mientras que estos están instalados. Los equipos que se simulará su configuración son los transmisores Rosemount 2088 que realiza mediciones de presión manométrica (GP) y presión absoluta (AP) y el transmisor de temperatura modelo 648 que ofrece una solución inalámbrica en la verificación de los procesos industriales. (Ver Figura 1)

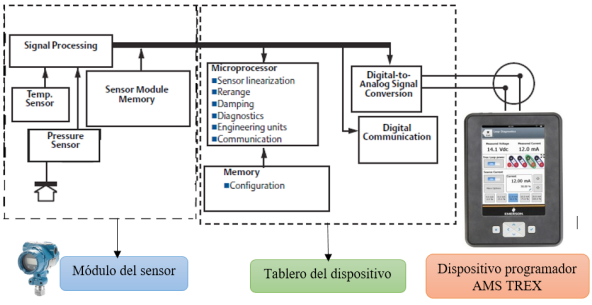


Figura 1 – Diagrama de bloques Rosemount 2088

3.3. Gafas de RA modelo Meta 2 Development kit

Las gafas Meta 2 es actualmente una de las plataformas de hardware más reconocidas para realidad aumentada («META 2—Exclusive Augmented Reality Development Kit», 2019). Estas gafas fueron seleccionadas debido a que cuentan con un nivel de inmersión

alto, pues tiene sensores integrados para seguimiento de movimiento e interacción manual que crea la impresión de profundidad, y paralaje e incluye un seguimiento de superficie, lo que es una gran ventaja para el proyecto ya que el usuario, podrá alcanzar y mover objetos virtuales en el mundo real a través de la interacción con la mano, y podrá interactuar con el sistema de modo que sienta que forma parte del entorno, y esto hace el entrenamiento más amigable e inmersivo

3.4. Unity 3D

Unity 3D («Unity», 2018), es un motor de videojuego multiplataforma que gracias a su versatilidad permite trabajar tanto con elementos de Interfaz de Usuario (UI) es decir elementos 2D y permite integrar objetos 3D para desarrollar entornos de Aprendizaje Virtual, también debido a un conjunto de características que en comparación con otros motores como Unreal Engine y GameMaker presenta ventajas como la facilidad de uso puesto que tiene una interfaz intuitiva y permite trabajar con diferentes herramientas prácticas que agilizan el trabajo ya que se basa principalmente en arrastrar y soltar objetos y códigos de escritura.

Otro criterio importante es la codificación puesto que al trabajar con C#, solo se requiere tener un conocimiento básico de programación, además su compatibilidad con un gran número de plataformas permite que sea las sencillo usarlo con el visor de realidad aumentada seleccionado ya que solo es necesario agregar a este, el kit de desarrollo de software (SDK) pertinente, que permitan la interacción.

4. Caso de Estudio

El sistema de realidad aumentada para el entrenamiento en el manejo de instrumentación HART se desarrollará en la Universidad Técnica de Ambato y se evaluará en la facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e industrial, mediante la colaboración de estudiantes y técnicos que valoraran la utilidad que provee el sistema a los usuarios.

La arquitectura de hardware es el diseño conceptual y la estructura operacional fundamental del sistema, es decir es el soporte físico del conjunto de componentes involucrados en el funcionamiento del mismo, que permite brindar una descripción funcional de las implementaciones de diseño para la parte física del sistema, con especial interés en la forma en que el ordenador recibe y envía la información a través de los equipos conectados por medio de los canales.

La interacción entre el usuario y sistema de realidad aumentada, requiere un seguimiento en tiempo real, estable y preciso, para lo cual se utilizará el visor de realidad aumentada Meta 2, que es un dispositivo autónomo que cuenta con un procesador gráfico propio que ejecuta los procesos de manera nativa en su hardware. Este a su vez estará conectado al computador y mediante canales de comunicación permitirá interactuar con el sistema desarrollado. De esta manera como se observa en la Figura 2 una vez que se logra y mantiene una localización precisa del espacio, el usuario solo con ponerse el visor, ya tendrá el alcance a los objetos virtuales y a las secuencias de entrenamiento virtual que

estarán superpuestas sobre el entorno real mediante el computador que contiene la aplicación y debido a que el dispositivo realiza un mapeo del entorno y sigue la ubicación real del usuario, este puede utilizar movimientos de las manos definidos para poder interactuar con las imágenes en 3D.

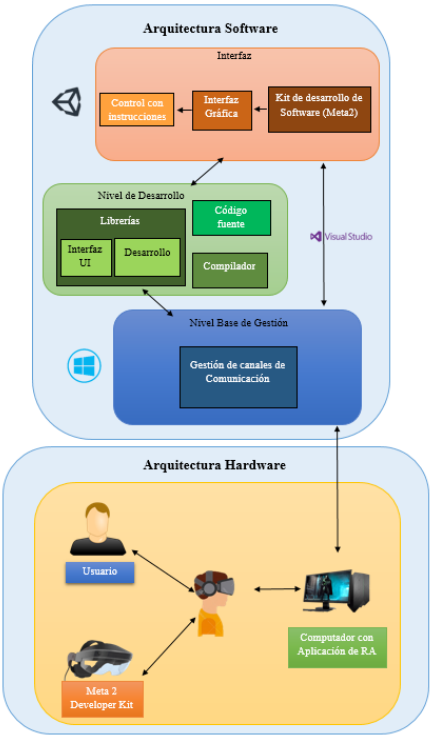


Figura 2 – Arquitectura del sistema de entrenamiento de RA

La arquitectura de software proporciona un marco de referencia general necesario para guiar la construcción del sistema de realidad aumentada para el entrenamiento del usuario, permitiendo cubrir todos los objetivos y restricciones de la aplicación.

De esta forma como se observa en la Figura 2 el diseño del sistema está compuesto de un nivel de interfaz en el cual mediante el motor de desarrollo previamente seleccionado se diseñará la interfaz gráfica y el conjunto de instrucciones con las que el usuario podrá interactuar. Consta además de un nivel de desarrollo que permitirá realizar la codificación de las instrucciones del nivel superior, y donde se añadirán las librerías de interfaz de usuario y de desarrollo en general de la aplicación, para luego compilarlas, todo esto se realizara en Visual Studio 2017. Finalmente el nivel base permitirá gestionar los canales de comunicación de la arquitectura Hardware con el sistema.

5. Implementación de la Propuesta de Solución

En esta etapa se definen tanto los requisitos del usuario como los aspectos concernientes al diseño y animación de objetos y elementos que conformaran el sistema de aprendizaje, para ello la información del funcionamiento de los equipos HART.

5.1. Casos de Usuario del sistema de Realidad Aumentada

En esta sección se explican las interacciones entre el usuario y el sistema de manera detallada. El diagrama de casos de uso que se muestra desde la perspectiva del usuario permite analizar las opciones de interacción que se le presentan al iniciar la aplicación. A continuación, se analiza a detalle que se hace en cada caso (Ver Figura 3):

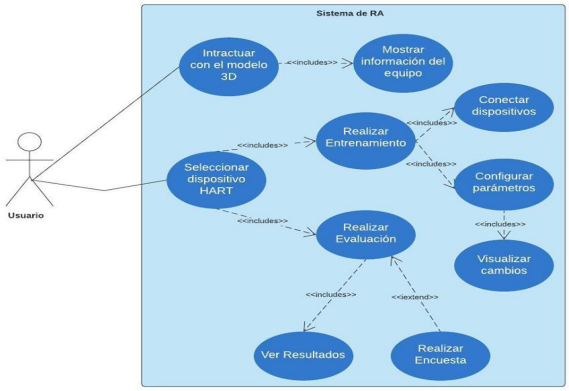


Figura 3 – Diagrama de caso por actor (Perspectiva de Usuario)

(i) Interactuar con el modelo 3D: En este caso de uso el usuario podrá agarrar, rotar y escalar los modelos 3D de los dispositivos HART, además obtendrá información del dispositivo de su elección. (ii) Seleccionar dispositivo HART: El usuario selecciona el tipo de dispositivo HART con el que sea trabajar ya sea de presión o temperatura. (iii) Realizar entrenamiento: En este caso de uso el usuario puede entrenarse en el manejo del dispositivo HART. (iv) Conectar **dispositivos:** El usuario debe haber seleccionado la opción de entrenamiento. (v) **Configurar parámetros:** El usuario accede a ese caso de uso y desde este podrá configurar los parámetros básicos del dispositivo seleccionado. (vi) **Realizar evaluación:** Permite al usuario entrar a un modo de práctica donde prueba lo aprendido. (viii) **Realizar encuesta:** Permite al usuario validad la funcionalidad de la aplicación

5.2. Diseño del Sistema de Realidad Aumentada

La aplicación de RA dentro del motor Unity presenta una arquitectura interna basada en componentes. En la Figura 4 se describe los elementos físicos del sistema y sus relaciones.

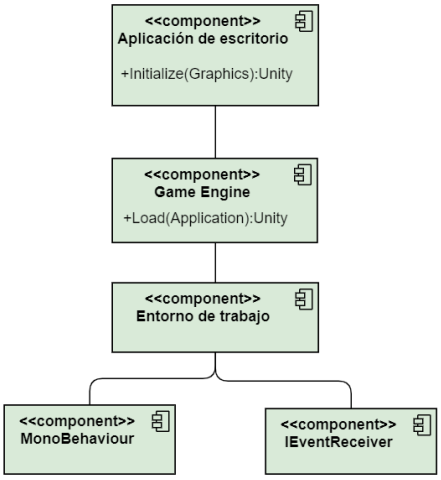


Figura 4 – Diseño de componentes de aplicación en Unity

Como se puede observar la aplicación a nivel general utiliza componentes de Unity y C# para desarrollar cada interfaz dentro de la misma. Teniendo como componente principal la aplicación de escritorio en sí, que posee el método interno "Initialize", la cual se asocia al componente "Game Engine" para cargar la aplicación, que se vincula a su vez con la interfaz de trabajo en Unity dentro de la cual se desarrolla el proyecto. Los componentes C# que se asocian al entorno de trabajo, son la clase "Monobehaviour" que es el núcleo principal de las API(Interfaz de programación de aplicaciones) en Unity ya que todos los scripts vinculados a objetos dentro del proyecto se derivan de esta clase porque proporciona diversos eventos y funciones útiles. Además se utiliza el componente "IEventReceiver" que permite integrar las funciones del visor de realidad aumentada al programa.

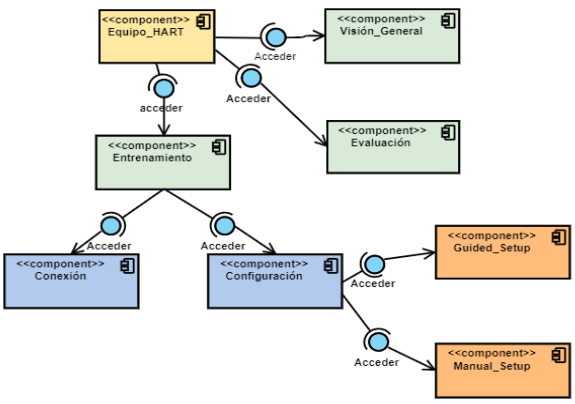


Figura 5 – Diagrama de componentes de la aplicación de RA

La aplicación de realidad aumentada está formada por grupo de interfaces que corresponden a los componentes, en la cual mediante el conector ensamble se une una interfaz requerida de un componente con la interfaz proporcionada por otro, y las relaciones de dependencia permiten indicar que un componente se refiere a los servicios ofrecidos por otro. El diagrama de componentes de la aplicación es el definido por Figura 5 en el que se muestra los distintos módulos de la aplicación.

Una aproximación a estos módulos es la que se describe a continuación:

Visión General

El sistema cuenta módulo de introducción y familiarización sobre los equipos. Los usuarios pueden aprovechar este espacio para familiarizarse con la función del equipo sin tener que contar con el dispositivo físico, por lo tanto, ayuda a reducir el tiempo dedicado a la capacitación. Además permite la interacción con el equipo, que por medio del visor de AR.

Módulo de entrenamiento

La interfaz del modo de entrenamiento se divide en dos áreas principales:

1. **Conexión del dispositivo:** A medida que el usuario sigue las instrucciones proporcionadas en la aplicación, y da clic sobre las opciones de conexión, se visualizan animaciones que muestra la forma en que deben conectarse los elementos. Además para adaptarse a diferentes estilos de aprendizaje, la información en el sistema de AR se presenta en forma, escrita a medida que se generan las animaciones y el usuario puede acceder a un video explicativo de la conexión de los dispositivos.
2. **Configuración del equipo:** Una vez finalizada la conexión del equipo, empieza la configuración. La primera parte de este modo, se trata de una configuración guiada “Guided Setup” y ofrece más ayuda a los usuarios, pero no es muy flexible pues los usuarios tienen que seguir un conjunto rígido de instrucciones. La segunda parte es una configuración autónoma, “Manual Setup” y permite a los usuarios navegar libremente durante el procedimiento y realizar cambios de acuerdo a su criterio.

Módulo de evaluación

Al finalizar el módulo de entrenamiento, la aplicación presenta la opción de realizar una evaluación, la cual consta de un conjunto de preguntas referentes a lo aprendido en el módulo anterior. En cada pegunta se le da al usuario las instrucciones de lo que debe desarrollar en un tiempo determinado y al finalizar todas las preguntas se puede visualizar una tabla de resultados en modo de resumen de las fallas y aciertos.

5.3. Diagramas de Clase de la aplicación desarrollada

Los diagramas de clases basa su funcionamiento en la manipulación de elementos, que se encuentran a su vez dentro de escenas que interactúan entre sí para darle movimiento a la aplicación. La codificación necesaria para este sistema se realiza mediante scripts en

lenguaje C Sharp. El funcionamiento de dichos scripts en Unity se basa en que cada uno de ellos implementa una clase, con sus atributos y métodos. Por lo tanto este enfoque lleva a considerar las escenas de la aplicación como clases y a los elementos dentro de ellas como atributos. A continuación, se presentan los diagramas de clases principales.

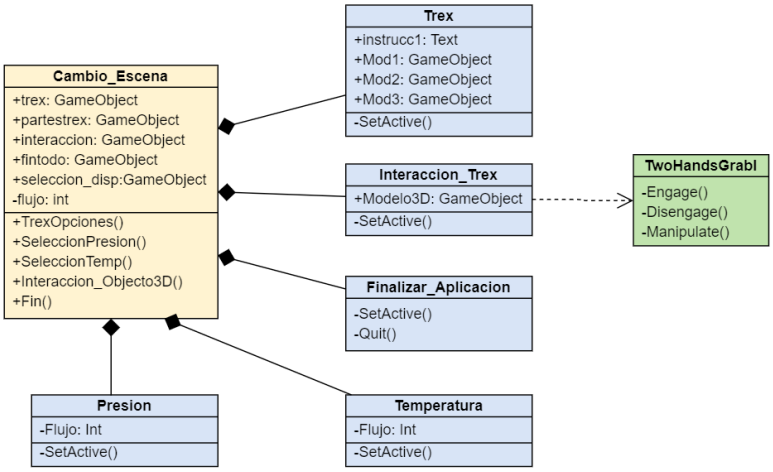


Figura 6 – Diagrama de clases del Módulo Visión General

Módulo de Visión General del dispositivo

En la Figura 6 se presentan las clases utilizadas en el módulo de visión general del dispositivo con sus atributos, métodos y el tipo de relación que existe entre las mismas el cual es de composición pues este describe la relación entre un conjunto de partes y una parte de este todo, esto significa que si el sistema elimina el todo "Cambio_Escena", las demás clases no pueden funcionar de manera independiente. La descripción de la función de cada clase se presenta a continuación en la Tabla 1

Clase	Descripción
Cambio_Escena	Clase principal del módulo, pues es la que me permite acceder a cada elemento "GameObject" que representan una escena dentro de la aplicación, para ello cuenta con métodos que permiten realizar este cambio como TrexOpciones(), SeleccionPresion(), SeleccionTemp(), entre otros.
Trex	Clase que contiene instrucciones tipo Text que permiten describir el funcionamiento del equipo y de los principales elementos del módulo de comunicación, se asocia a la clase principal mediante el método SetActive(), para su acceso.
Interaccion_Trex	Clase que permite observa y manipular el dispositivo modelado en 3D
Presion	Clase que permite acceder a las opciones del transmisor de presión
Temperatura	Clase que permite acceder a las opciones del transmisor de temperatura

Clase	Descripción
TwoHandsGrabI	Clase proporcionada por el SDK del visor de realidad aumentada que permite agarrar el modelo 3D con ambas manos.
Finalizar_Aplicacion	Clase que permite cerrar la aplicación de realidad aumentada , usando el método Quit()

Tabla 1 – Descripción de las clases del módulo Visión General

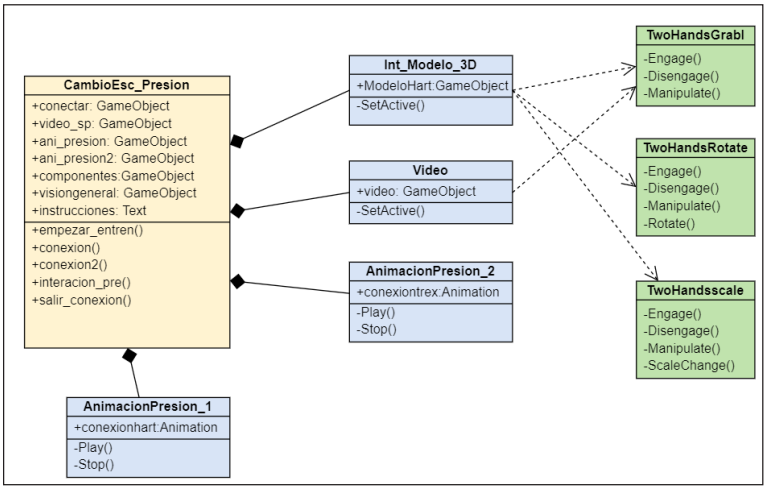


Figura 7 – Diagrama de clases del Módulo de Entrenamiento-Conexión

Módulo de Entrenamiento: Conexión de transmisor de presión

Como se observa en la Figura 7 se presentan las clases utilizadas en la etapa de conexión del módulo de entrenamiento del transmisor de presión; es importante destacar que el tipo de relación entre la clase principal "CambioEsc_Presion" y las enlazadas a esta, es de composición, y la relación entre la clase "Int_Modelo_3D" con las clases proporcionadas por el SDK de las gafas de realidad aumentada para la manipulación de los objetos es de tipo dependencia pues necesita los métodos proporcionados por esas clases para realizar tareas de interacción. La descripción de la función de cada clase se presenta a continuación en la Tabla 2.

Clase	Descripción
CambioEsc_Presion	Clase que me permite acceder a cada elemento público "GameObject" que conforman la interfaz de usuario, en donde para cada elemento se cuenta con un método de acceso.
In_Modelo_3D	Mediante el uso de esta clase es posible observa y manipular el transmisor de presión modelado en 3D
Video	Dentro de la conexión se ofrece un video demostrativo de la misma, se usa el método privado SetActive() para acceder a este.

Clase	Descripción
Animacion_Presion1 Animacion_Presion2	Ambas clases permiten visualizar las animaciones que muestran las conexiones del dispositivo programador de campo TREX con el equipo HART. Cuenta con los métodos Play(), y Stop() para reproducir y detener la animación respectivamente.
TwoHandsGrabI TwoHandsRotate TwoHandsScale	Clases publicas proporcionada por el SDK del visor de realidad aumentada que permiten agarrar el modelo 3D con ambas manos, rotarlo y escalarlo respectivamente.

Tabla 2 – Descripción de las clases del Módulo de Entrenamiento (Conexión)

5.4. Interfaces Diseñadas

La interfaz gráfica de usuario o GUI (Graphical User Interface), es el entorno que gestiona la interacción con el usuario basándose en relaciones visuales, para representar la información y acciones disponibles de la aplicación virtual, y se utiliza para que el usuario establezca un contacto más fácil e intuitivo con el sistema.

A continuación, se presentan las interfaces diseñadas en el software de desarrollo Unity, mismas que fueron modeladas en base los diagramas presentados en el apartado anterior.

Módulo de entrenamiento: Conexión del dispositivo

Las interfaces diseñadas dentro del módulo de entrenamiento en la primera fase que corresponde a la conexión del dispositivo son las que se muestran en la Figura 8 , en donde (A) corresponde a la interfaz de componentes de conexión que muestra cada una de las partes necesarias para realizar la conexión de los equipos y además adiciona un video demostrativo de conexión, (B) Conexión del dispositivo programador Trex y (C) conexión del transmisor de presión, donde en ambas se muestra las instrucciones de conexión y se reproducen las animaciones del modo en que deben ser conectados los dispositivos

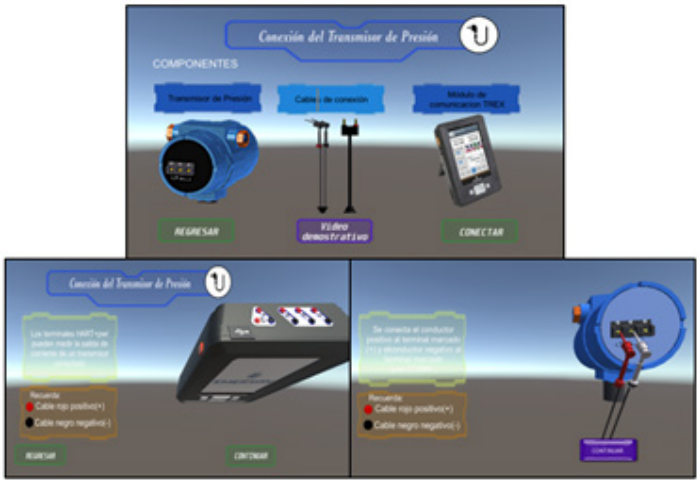


Figura 8 – Interfaces del módulo de entrenamiento-Conexión (presión)

Es importante mencionar que a modo ejemplo se seleccionaron solo las interfaces del transmisor, sin embargo las interfaces del transmisor de temperatura tienen los mismos componentes y características de interacción.

Módulo de entrenamiento: Configuración del dispositivo

Para el módulo de entrenamiento en su segunda fase que es la configuración del dispositivo, en la Figura 9 se detalla las principales opciones iniciales de configuración en el dispositivo de presión como son (A) la pantalla de inicio del comunicador Trex, que es la misma que se presenta en la interfaz del equipo real, (B) pantalla de selección del dispositivo HART, para conectarse con el dispositivo, (C) el menú de tablero de dispositivo con las opciones principales de navegación (D) pantalla configure del dispositivo para acceder a “Guided Setup” o “Manual Setup” y empezar la configuración de parámetros.



Figura 9 – Interfaces del módulo de entrenamiento-Configuración (presión)

6. Conclusiones y Trabajos Futuros

El sistema de RA para entrenamiento se desarrolló en base a las especificaciones de arquitectura de software utilizando diferentes elementos UI de interfaz en la creación de escenas virtuales para exponer contenido teórico, modelos 3D, contenido multimedia, e instrucciones bajo las cuales el usuario realizó su entrenamiento, asi pues la aplicación demostró ser de navegación intuitiva y muy útil para el aprendizaje de los usuarios pues, al utilizar las gafas de realidad aumentada obtuvieron una mayor compresión del contenido, presentado de forma novedosa y más inmersiva, diferenciándolo de la manera convencional de recibir un entrenamiento o capacitación en el manejo de equipos industriales.

La interacción entre el usuario y el sistema de RA propuesto se estableció mediante el diseño de la arquitectura tanto hardware como software del sistema, la cual permitió constituir la organización fundamental, la estructura detallada y el conjunto de relaciones entre cada una de las partes de la aplicación, mismas que resultaron necesarias para definir el comportamiento de cada componente, módulo, y clase, y de esta manera se logró optimizar tiempos de creación de escenas, modelos 3D y recursos multimedia ,además proporcionó un marco de referencia general necesario para guiar la construcción del sistema, cubriendo todos los objetivos y restricciones de la aplicación.

Como trabajo futuro se debería añadir un "módulo de práctica en escenarios reales dentro de la industria" en donde se exponga al usuario a situaciones que se presentan en el sitio de trabajo en referencia al funcionamiento de los transmisores HART y él deba tomar una decisión frente a opciones de solución generadas virtualmente

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 "Implementación de Arquitecturas para Fog Computing y su uso en entornos industriales"*

Referencias

Bernal Zamora, L., & Ballesteros-Ricaurte, J. A. (2017). Metodología para la construcción de objetos virtuales de aprendizaje, apoyada en realidad aumentada. *Sophia*, *13*, 4-12.

Cabero Almenara, J., & Barroso Osuna, J. (2016). Posibilidades educativas de la Realidad Aumentada. *Journal of New Approaches in Educational Research*, *6*(1), 44-50. https://doi.org/10.7821/naer.2016.1.140

Cózar Gutiérrez, R., González-Calero Somoza, J. A., Villena Taranilla, R., & Merino Armero, J. M. (2019). Análisis de la motivación ante el uso de la realidad virtual en la enseñanza de la historia en futuros maestros. *Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (68), 1-14. https://doi.org/10.21556/edutec.2019.68.1315

Garcia, C. A., Caiza, G., Naranjo, J. E., Ortiz, A., & Garcia, M. V. (2019). An Approach of Training Virtual Environment for Teaching Electro-Pneumatic Systems. *IFAC-PapersOnLine*, *52*(9), 278-284. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.08.221

Li, T., & Dong, Z. (2018). Design and Implementation of Field Bus Device Management System Based on HART Protocol. *2018 2nd IEEE Advanced Information Management,Communicates,Electronic and Automation Control Conference (IMCEC)*, 2221-2225. https://doi.org/10.1109/IMCEC.2018.8469220

Mendoza, L. I. U. (2016). Uso de la realidad virtual, en la educación del futuro en centros educativos del Ecuador. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, *1*(4), 26-30.

META 2—Exclusive Augmented Reality Development Kit. (2019, diciembre 31). Recuperado 31 de diciembre de 2019, de Www.schenker-tech.de website: https://www.schenker-tech.de//en/meta-2/

Nguyen, D., & Meixner, G. (2019, septiembre 26). *Gamified Augmented Reality Training for An Assembly Task: A Study About User Engagement*. 901-904. https://doi.org/10.15439/2019F136

Unity. (2018). Recuperado 23 de septiembre de 2018, de https://unity3d.com/es/unity

Wild, F. (2016). The Future of Learning at the Workplace Is Augmented Reality. *Computer*, *49*(10), 96-98. https://doi.org/10.1109/MC.2016.301

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

Recebido/Submission: 20/11/2019
Aceitação/Acceptance: 28/01/2020

Prototipo de sistema para análisis de ondas cerebrales del personal militar y determinar su capacidad para la toma de decisiones en situaciones de estrés

Christian Ubilluz[1], Ramiro Delgado[2], Roberto López[3]

cmubilluz@espe.edu.ec, rndelgado@espe.edu.ec, capostgrado@uniandes.edu.ec

[1,2] Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, 171103, Quito, Ecuador.

[3] Universidad Regional Autónoma de los Andes UNIANDES, Ambato, 180101, Ecuador.

Pages: 395–405

Resumen: En los últimos años la adquisición y análisis de las ondas cerebrales ha sido una fuente fundamental para mejorar la interacción humano-computador, puesto que ha permitido identificar varios trastornos y problemas de salud de un individuo como son: enfermedades mentales, psicológicas o discapacidades; así como el desarrollo de varios sistemas (software y hardware) como alternativas para el tratamiento de estos y brindar así un mejor estilo de vida. La presente investigación tuvo como objetivo la obtención, procesamiento y análisis de las señales cerebrales de una muestra de personal militar ecuatoriano, colocando, primeramente, en el córtex cerebral el dispositivo electroencefalograma (EEG) Emotiv EPOC, para obtener los datos de las señales cerebrales Alfa (estado de relajación) y Beta (estado activo) mediante la Interface Cerebro Computador (BCI) EmotivPRO. Luego en el experimento se aplicaron estímulos auditivos para relajar a la persona, así como una prueba de razonamiento abstracto; finalmente se aplicó estímulos visuales para generar estrés y una segunda prueba de razonamiento abstracto, con el fin de establecer la capacidad de resolución de problemas.

Palabras-clave: señales cerebrales, electroencefalograma (EEG), BCI, emotiv EPOC, estrés.

Prototype system for brainwave analysis of military personnel and determine their ability to make decisions in stressful situations.

Abstract: In recent years, the acquisition and analysis of brain waves have been a fundamental source in order to improve human-computer interaction, since they lead to know several disorders and health problems of an individual such as: mental, psychological or disabilities; as well as the development of various systems (software and hardware) as alternatives to treat these problems, thus providing a better lifestyle. The objective of this research was to obtain, process, and analyze the brain signals from a sample of Ecuadorian military personnel, starting in the cerebral cortex the electroencephalogram (EEG) Emotiv EPOC + device, to obtain

the data of the alpha brain signals (relaxation state) and Beta (active state) through a Computer Brain Interface (BCI) EmotivPRO. Later, in the experiment, auditory stimulus is applied to relax the person, accompanied by a test of abstract reasoning; finally, visual stimulus to generate stress with a second abstract reasoning test, in order to verify the ability to solve problems.

Keywords: brainwaves, electroencephalogram (EEG), BCI, emotiv epoc, stress.

1. Introducción

Hoy en día la relación hombre-computador ha generado un vínculo muy importante dentro del desarrollo de la ciencia y la tecnología permitiendo el empleo de sistemas robóticos y dispositivos especializados en medicina, electrónica y neurociencias con el fin de obtener información necesaria y detallada de cómo se encuentra el cuerpo humano y además comprender el comportamiento de las personas. Cada acción que realiza el cuerpo humano es el resultado de un conjunto de señales que nacen del cerebro y se transmiten a través de las terminaciones nerviosas hacia los músculos y órganos para el cumplimiento de funciones específicas (Torres et al., 2014).

Diversos estudios revelan que las ondas cerebrales son claves para el proceso de aprendizaje, así como en la toma de decisiones, ya que permiten valorar el comportamiento del cerebro en diversas situaciones. Dentro de este análisis, se considera que el estrés constituye uno de los factores más estudiados en la actualidad, por su relación con la aparición de enfermedades, el manejo y la adaptación a situaciones difíciles y el desempeño en general.

El nivel de presión psicológica que posee una persona se ve reflejada en las acciones y decisiones que toma en su vida diaria. En la vida militar, existe un nivel de estrés y presión elevada, debido a las tareas que se realizan. Sobre esta base, la obtención de las ondas cerebrales para su análisis y estudio son de suma importancia, ya que permite entrenar el cerebro para reducir y controlar los niveles de estrés de las personas, minimizando así enfermedades y problemas laborales o familiares, o mejorando la capacidad en la toma de decisiones (Integral, 2018).

2. Encéfalo

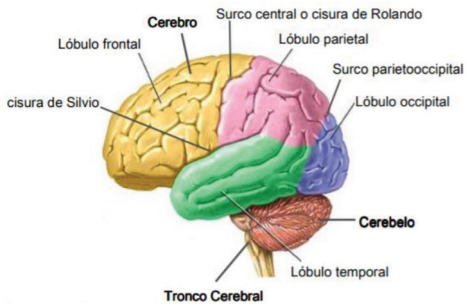


Figura 1 – Partes del Encéfalo (Bermúdez, 2013).

El encéfalo es un órgano esencial del cuerpo humano, controla funciones tales como la respiración, la vista, el tacto, el movimiento, la temperatura, y todos los procesos que regulan nuestro cuerpo. Está contenido en el cráneo y se compone de tres partes bien diferenciadas: el tronco cerebral, el cerebelo y el cerebro como lo muestra la Figura 1, cuya superficie externa es conocida como corteza cerebral (Bermúdez, 2013).

3. Electroencefalograma (EEG)

El electroencefalograma, es el proceso que se usa para estudiar el funcionamiento del sistema nervioso central. Registra mediante electrodos las corrientes eléctricas que se forman en las neuronas cerebrales y que son la base del funcionamiento del sistema nervioso (Emotiv, 2018).

Existen diferentes técnicas para medir la actividad eléctrica del cerebro, estas se diferencian por el nivel de profundidad en dónde se colocan los electrodos para adquirir la señal (Vaughan et al., 1996).

A medida que los registros se toman más cerca del cerebro, se obtienen señales con mejor relación señal a ruido y mejor resolución espacial, ya que refleja la actividad de menor número de neuronas. El carácter invasivo de las técnicas que requieren de intervención quirúrgica hace que estas técnicas se reserven para casos muy particulares.

Por el contrario, en las señales obtenidas mediante el EEG superficial se ve reflejada la actividad eléctrica de un gran número de neuronas, ubicadas en grandes áreas de la corteza cerebral, como lo muestra la Figura 2.

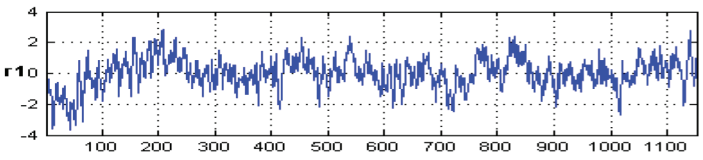


Figura 2 – Señal de un Electroencefalograma (Swathi et al., 2008).

4. Ondas Cerebrales

Las ondas cerebrales son los distintos ritmos que tiene la actividad eléctrica cerebral, estos impulsos eléctricos son producidos por las neuronas, y transmiten la información por todo el cerebro pasándola de una neurona a otra (Putz, 2008).

Estas ondas se producen cuando el cerebro recibe algún tipo de estímulo externo o pensamiento en concreto, las mismas que se encuentran en el orden de los microvoltios. Se las puede obtener, procesar y analizar con electroencefalogramas, que tienen la capacidad de captar y amplificar los impulsos cerebrales. Su clasificación se ha realizado de acuerdo con su frecuencia y amplitud empleando las letras griegas alfa, beta, delta, theta, gamma, como se muestra en la Tabla 1.

Tipo de Onda	Voltaje	Frecuencia	Estado Mental
Delta	*10-50 μV*	*0.5 – 4 Hz*	*Hipnótico, Meditación*
Theta	*10-100 μV*	*4 – 8 Hz*	*Vigilia, Plenitud,*
Alfa	*100-150 μV*	*8 – 13 Hz*	*Relajación, Tranquilidad,*
Beta	*150-200 μV*	*13 - 25 Hz*	*Alerta máxima, Vigilante*
Theta	*10-100 μV*	*4 – 8 Hz*	*Vigilia, Plenitud,*

Tabla 1 – Tipo de ondas cerebrales (Tejeiro, 2008).

5. Emotiv EPOC

El equipo Emotiv EPOC, está diseñado para la investigación del cerebro de una manera escalable y contextual, emplea aplicaciones avanzadas de interface cerebro-computador y brinda acceso a datos cerebrales de grado profesional con un diseño rápido y fácil de usar.

Emotiv Epoc adquiere las señales cerebrales mediante 14 canales (AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, AF4), colocados en zonas específicas de la cabeza, además posee dos referencias ubicadas la una detrás de la oreja y la otra es un receptor USB, el mismo que envía las señales al computador a través de comunicación Wireless; este dispositivo se encuentra junto a un kit con un instalador, cable conector y una solución salina para hidratar los electrodos, como se muestra en la Figura 3.



Figura 3 – Kit de Emotiv Epoc (Emotiv, 2019).

6. Estrés

El término estrés también se denomina a la respuesta psíquica que se manifiesta por pensamientos, emociones y acciones ante la situación de amenaza, y que se expresa a través de comportamientos como estados de perplejidad, de ansiedad, de humor o de agresión, cuando el ser humano está bajo situaciones que no sean del ámbito cotidiano ser verá afectado el rendimiento de respuesta y carácter emocional en su entorno (Orlandini, 2012).

Los estresores pueden ser definidos como cualquier evento que cause impacto o impresión en el organismo humano. Los estresores actúan dándole exigencias al organismo y este

responde tratando de adaptarse a ellas. Cualquier suceso, situación, persona u objeto que se perciba como estímulo, puede provocar una respuesta de estrés en la persona (Press, 2019).

En la Tabla 2, se muestra la categorización de los estresores de acuerdo a los factores presentes que influyen en la persona.

Tipo de Onda	Voltaje
Factores Psicosociales	Acontecimientos o cambios vitales, generados en la propia esfera del trabajador o en su entorno.
Factores Biológicos	*Proceso o necesidades de carácter fisiológico u orgánico.*
Factores Físicos Químicos y Ambientales	*Aborda los estímulos dentro de los tres ámbitos mencionados, que desencadenan procesos fisiológicos.*
Factores Psicológicos	*Aplica una valoración personal del fenómeno y de acuerdo con esta valoración cualquier estimulo puede transformase en un estresor.*
Factores Laborales	*Cualquier elemento o hecho relacionado con el trabajo*

Tabla 2 – Síntesis categórica de factores estresores (Zhañay, 2017).

7. Descripción del Sistema

El prototipo del sistema desarrollado se muestra como un diagrama de bloques en la Figura 4. El primer paso es obtener las señales cerebrales mediante el dispositivo Emotiv EPOC, estas son transmitidas al BCI EmotivPRO que identifica las señales Alfa y Beta antes y después de aplicar el estresor y el test de razonamiento abstracto.

Luego se almacena la información en la nube de Emotiv PRO, para cargarla en el software desarrollado y finalmente obtener el nivel de estrés del sujeto en prueba.

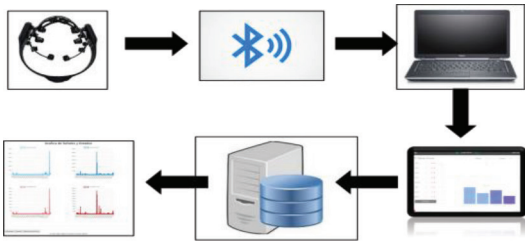


Figura 4 – Diagrama de bloques del prototipo de sistema desarrollado.

8. Experimento

Para el desarrollo del experimento se escogió una muestra de 160 militares en el grado de tenientes del ejército ecuatoriano, a quienes se les sometió a las fases que serán explicadas a continuación, estableciéndose la capacidad para la solución de problemas en estado de relajación y luego en estado de estrés. Es importante mencionar que antes de realizar el experimento se contó con la autorización escrita de los mismos.

La primera fase fue colocar el dispositivo EEG en el córtex cerebral del usuario para tomar la lectura de las ondas cerebrales como lo muestra la Figura 5. Luego se empleó un relajante auditivo (música ambiental) para llevar a la persona a un estado de relajación. A continuación, se aplicó un test de razonamiento abstracto con 20 preguntas que debían resolverse en 2 minutos.

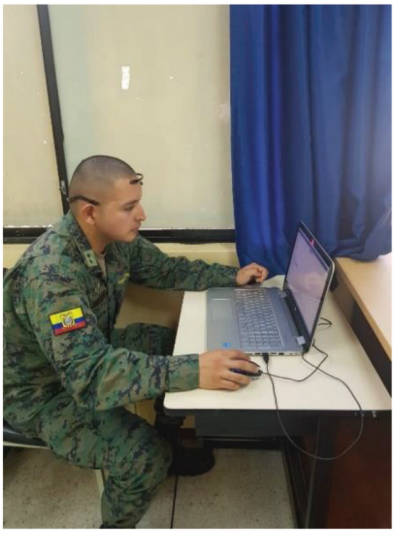


Figura 5 – Toma de pruebas.

La segunda fase fue estimular a la persona empleando un estresor visual (video con una duración de 1 minuto 30 segundos) y aplicar una prueba de razonamiento abstracto para ser resuelto en 3 minutos. El experimento en cada individuo tomó un promedio de 10 minutos, durante los cuales se midieron las ondas cerebrales como lo muestra la Figura 6.

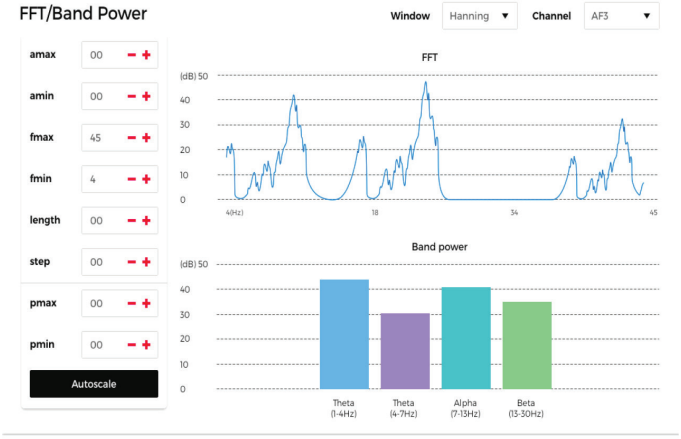


Figura 6 – Adquisición de ondas cerebrales.

Una vez finalizada la prueba, se obtiene un archivo .cvs con las métricas de las ondas cerebrales de la persona y se las exporta al software desarrollado para analizar las señales Alfa y Beta con el fin de determinar el nivel de estrés de la persona como lo muestra la Figura 7.

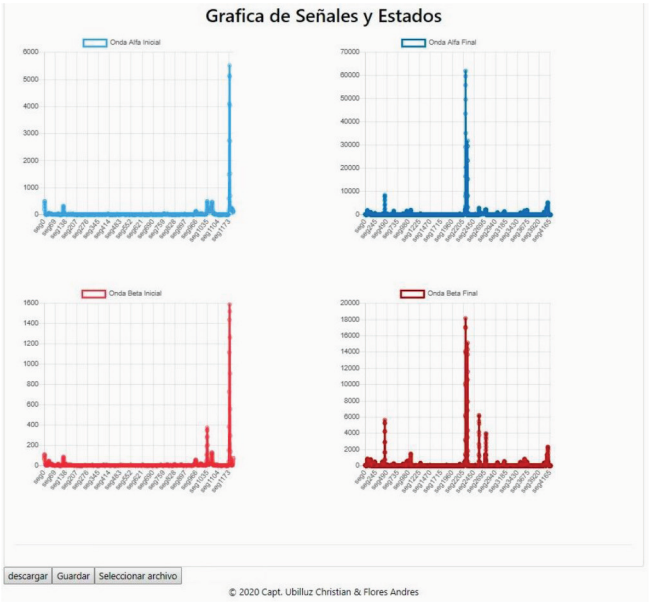


Figura 7 – Determinación del nivel de estrés.

Los rangos para medir el nivel de estrés están establecidos por emotiv en base a estudios científicos extensos desarrollados con algoritmos de aprendizaje automáticos y precisos para clasificar y calificar la intensidad de diferentes condiciones como lo muestra la Tabla 3, las métricas de rendimiento de emotiv miden seis estados cognitivos diferentes en tiempo real como son: emoción, interés, estrés, compromiso, atención y meditación (Emotiv, 2019).

Métricas – Estrés	Nivel de Estrés
0 – 30	*Bajo*
31 – 60	*Medio*
61 – 100	*Alto*

Tabla 3 – Rangos o niveles de Estrés.

Los valores de las señales cerebrales Alfa y Beta sin estimulación se encuentran analizadas estadísticamente (Figura 8) en base a las señales cerebrales obtenidas como lo muestra la tabla 4.

	Alfa Inicial	Beta Inicial
Media	*32.14*	*21.01*
Mediana	*33.98*	*18.62*
Moda	*7.41*	*17.31*
Desv. Estándar	*16.82*	*12.40*

Tabla 4 – Rangos o niveles de Estrés.

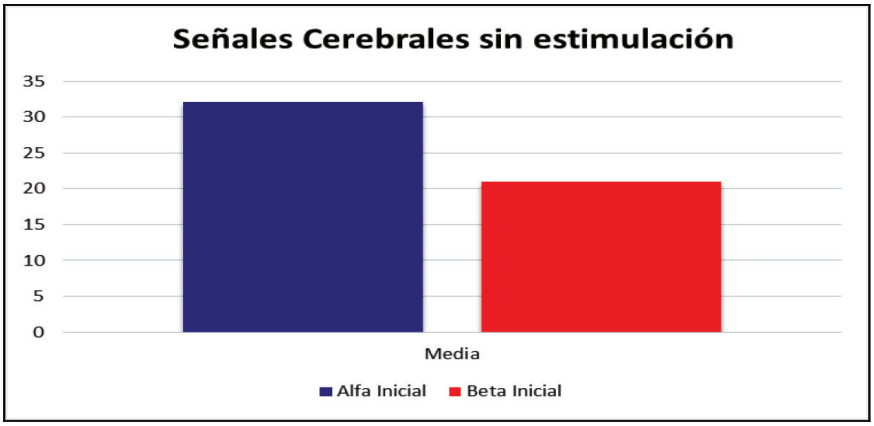


Figura 8 – Señales Alfa y Beta sin estimulación.

Los valores de las señales cerebrales Alfa y Beta con estimulación se encuentran analizadas estadísticamente (Figura 9) en base a las señales cerebrales obtenidas como lo muestra la Tabla 5, y que permitieron establecer una correlación entre las señales cerebrales.

	Alfa Inicial	Beta Inicial
Media	19.59	42.88
Mediana	18.8	42.26
Moda	29.57	29.3
Desv. Estándar	11.63	22.26

Tabla 5 – Mediciones con estimulación.

En el experimento realizado, se apreció que la resolución de ejercicios cuando el personal se encuentra en un estado de relajación es más productiva (figura 10) pues, resolvieron en promedio 22 problemas, mientras que cuando estuvieron en un estado de estrés el

número de respuestas disminuyó a 13 problemas en promedio, como se puede apreciar en la tabla 6.

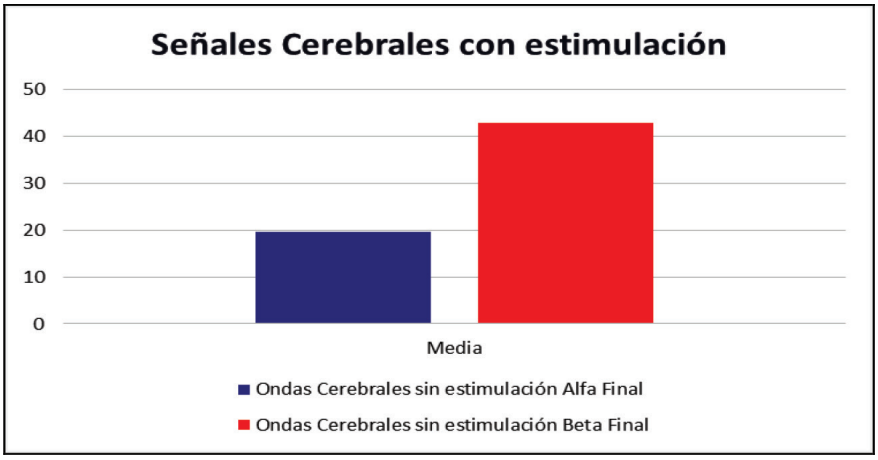


Figura 9 –Señales Alfa y Beta con estimulación.

	Sin estrés	Con estrés
Media	22.18	13.51
Mediana	21	14
Moda	17	11
Desv. Estándar	4.73	3.71

Tabla 6 – Resultados de la evaluación del Test.

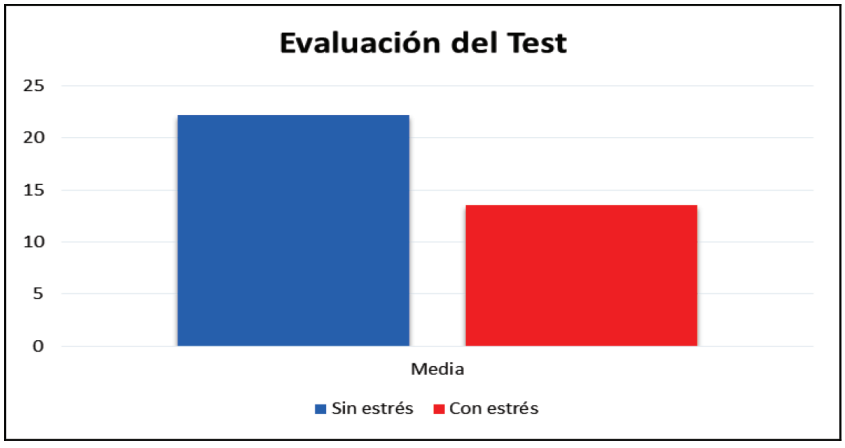


Figura 10 – Resultados del Test.

9. Conclusiones y trabajos futuros

- La adquisición de las señales cerebrales se facilitó, gracias al EEG Emotiv Epoc y al software EmotivPRO, sin embargo, el análisis del estrés y sus consecuencias se lo hizo utilizando otro software que fue desarrollado por los autores que interactuó con su propia base de datos enfocándose en la onda Beta.
- Se obtuvo las señales cerebrales de la muestra de personal militar escogido; a quienes se les aplicó estresores auditivos y visuales, para lo cual fue necesario establecer una conexión eficiente entre los electrodos y el córtex cerebral.
- Los valores de la señal Beta después de aplicar el estresor visual se elevaron lo que determinó una disminución del 40% en la capacidad para resolver problemas.
- Un proyecto futuro inmediato es replicar el experimento utilizando un EEG de hardware libre, así como herramientas de software libre y establecer las ventajas y desventajas de usar hardware y software propietario versus hardware y software libre.
- Otro proyecto futuro es la implementación de sistemas basados en señales cerebrales que controlen dispositivos del Internet de las Cosas (IoT), de acuerdo al estado de ánimo de la persona.

Referencias

Bermúdez, A. (2013). Repositorio Institucional de la UNLP. Obtenido de Técnica de procesamiento de EEG para detección de eventos: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/32602/Documento_completo__.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Chávez, V., Ramos, E., & Domínguez, A. (2014). Adquisición y análisis de señales electroencefalográficas. Congreso Universitario 2014, 320-325.

Emotiv. (2019). EMOTIV. Obtenido de https://www.emotiv.com/

Emotiv EPOC (2018). Brain computer interface & scientific contextual EEG. Homepage, https://www.emotiv.com/files/Emotiv-EPOC-Product-Sheet-2014.pdf, last accessed 2018/11/20.

Emotiv-technology. (2019). The science behind our technology. Obtenido de https://www.emotiv.com/our-technology/

Integral, V. (2018). Obtenido de https://www.visionintegral.org/content/23-que-es-el-neurofeedback

Orlandini, A. (2012). El Estres: Que es y cómo evitarlo. USA: Fondo de Cultura Económica.

Pinillos, E. (2010). Propuesta para el Diseño de un Sistema de Electroencefalografía computarizada y autodiagnóstico basado en reconocimiento de patrones.

Press, S. (2019). ¿COMO COMBATIR? Obtenido de ¿QUÉ SON LOS ESTRESORES?: https://estres.comocombatir.com/que-son-los-estresores.html

Putz, R. (2008). Atlas de Anatomía Humana. Madrid: Panamericana.

Rodríguez B. (2013). Adquisición, procesamiento y clasificación de señales EEG para diseño de sistemas BCI basados en imaginación de movimiento, VI Jornadas de introducción a la investigación de la UPCT. 10-12 p. ISSN: 1888- 8356

Swathi, K., & Rajapakse, J. (2008). Extracting EEG Rhythms using ICA-R. 2008 International Joint Conference on Neutral Networks (IJCNN 2008), 2133 - 2138.

Tejeiro, J. (2008). Electroencefalografía Clínica Básica. Madrid: Viguera.

Terence W., Picton, M. (2012). baycrest. Obtenido de http://research.baycrest.org/eeg

Torres F, Sánchez C. (2014). Adquisición y análisis de señales cerebrales utilizando el dispositivo MindWave. Universidad de Cuenca: Facultad de Ingeniería electrónica.

Torres, F., Sanchez, C., & Palacios, K. (2014). Adquisición y análisis de señales cerebrales utilizando el dispositivo MindWave. MASKANA, I+D+ingeniería, 1-11.

Ubilluz, C. (2017). Brain waves processing, analysis and acquisition to diagnose stress level in the work environment.

Vaughan, T., Wolpaw, J., & Donchin, E. (1996). EEG-based communication: prospects and problems. IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering, 425 - 430.

Zhañay, J. (2017). Universidad Central del Ecuador. Repositorio Digital. Obtenido de Estrés laboral y clima organizacional en el personal de enfermería de un hospital público: http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15113/1/T-UCE-0007-ISIP0024-2018.pdf

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

Recebido/Submission: 14/12/2019
Aceitação/Acceptance: 28/02/2020

Estilos de aprendizaje en docentes universitarios: evaluación de la relación entre percepción y uso de TIC en entornos educativos

David Alberto García Arango[1], Jorge Eliécer Villarreal Fernández[2], Óscar Andrés Cuéllar Rojas[3], Camilo Andrés Echeverri Gutiérrez[4], César Felipe Henao Villa[5], María Andrea Botero Grisales[6]

jvillarrealf@coruniamericana.edu.co, dagarcia@coruniamericana.edu.co, ocuellar@coruniamericana.edu.co, cecheverri@coruniamericana.edu.co, chenao@coruniamericana.edu.co, mabotero@coruniamericana.edu.co

[1]Docente Investigador – Corporación Universitaria Americana, Cra. 44 # 49-92, 050012, Medellín, Colombia.

[2] Docente Investigador – Corporación Universitaria Americana, Cra. 44 # 49-92, 050012, Medellín, Colombia.

[3] Docente Investigador – Corporación Universitaria Americana, Cra. 44 # 49-92, 050012, Medellín, Colombia.

[4] Docente Investigador – Corporación Universitaria Americana, Cra. 44 # 49-92, 050012, Medellín, Colombia.

[5] Docente – Corporación Universitaria Americana, Cra. 44 # 49-92, 050012, Medellín, Colombia.

[6] Docente – Corporación Universitaria Americana, Cra. 44 # 49-92, 050012, Medellín, Colombia.

Pages: 406–420

Resumen: Se presentan los resultados obtenidos de una evaluación de la relación entre la percepción y el uso de TIC en docentes universitarios, en el marco de los estilos de aprendizaje, para diversos programas de formación en educación superior. La evaluación se llevó a cabo mediante una modelación de ecuación estructural de los factores obtenidos de la aplicación de un instrumento previamente validado a 73 docentes de una misma institución. Mediante la modelación se generaron dos escenarios de análisis que, enmarcados en el contexto institucional, permiten considerar con suficiente validez, la forma en que el uso de las TIC desde los estilos de aprendizaje del docente influye en las políticas de gestión curricular orientadas al mejoramiento de la formación para la implementación de TIC en entornos educativos.

Palabras-clave: evaluación; estilos de aprendizaje; docencia universitaria; gestión curricular; TIC.

Learning styles in university teachers: evaluation of the relationship between perception and use of ICT in educational environments

Abstract: The results obtained from an evaluation of the relationship between the perception and use of ICT in university teachers, in the framework of learning styles, for various training programs in higher education are presented. The evaluation was carried out through a structural equation modeling of the factors obtained from the application of a previously validated instrument to 73 teachers of the same institution. Through the modeling, two analysis scenarios were generated that, framed in the institutional context, allow us to consider with sufficient validity, the way in which the use of ICT from the teacher's learning styles influences the policies of curriculum management aimed at improving training for the implementation of ICT in educational environments.

Keywords: evaluation; learning styles; university teaching; curriculum management; ICT.

1. Introducción

Según De Moya-Martínez et al (2011) en el proceso de aprendizaje, el alumno pone en funcionamiento diferentes estrategias, otorgando preferencia a unas sobre otras, dando lugar a la aparición de diferentes estilos de aprendizaje. Resulta coherente que, para enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje, el maestro los conozca. Sin embargo, a este respecto se han diseñado y aplicado diferentes procesos de investigación, cómo los de Rodríguez et al (2015), Serrano, González y Ortuño (2015), concluyendo que conocer los estilos de aprendizaje de los estudiantes puede servir para proponer metodologías acertadas para sus preferencias, pero también debería servir para promover su flexibilidad cognitiva si se les proporcionan tareas en las que tengan que emplear procedimientos diferentes a los habituales, que les hagan entender que hay otras formas de resolver con éxito una tarea.

Aunque esta línea de investigación aún no se ha agotado, en el presente escrito se presentan los resultados de un estudio que propone un cambio de perspectiva en el marco de lo que ocurre con los estilos de los maestros. ¿Influyen los estilos de aprendizaje del docente en sus metodologías?, ¿cómo se ven afectadas las mediaciones didácticas?, ¿cuál es su percepción?. Los anteriores interrogantes transversalizados por el uso de las TIC en entornos educativos. Este último aspecto en coherencia con la tensión creciente entre el constante cambio tecnológico y las dinámicas de los entornos educativos (Cuellar et al. 2019)

Según Ventura (2016), el estilo de aprendizaje tiene un rol de supervisión de los estilos de enseñanza y, al mismo tiempo, puede recursivamente ser planificado, conducido y revisado por el estilo de enseñanza actual. Esto quiere decir que, si el maestro tiene conocimiento de su estilo de aprendizaje puede regular y ajustar su estilo de enseñanza. En este sentido, se aplicó una adaptación del instrumento REACTIC (De Moya-Martínez et al 2011), buscando constatar el nivel de conocimientos que los maestros poseen sobre las TIC, saber el grado de uso de las TIC por su parte, analizar el grado de utilidad que los maestros otorgan a las TIC en su formación personal, determinar el uso que los docentes hacen de las TIC en función de su estilo de aprendizaje y conocer el estilo de aprendizaje del profesorado que predomina en el uso de las TIC.

De las categorías mencionadas se destaca la relación de la percepción docente, frente a las otras, como se observa en la figura 1, según Rodríguez et al. (2015), ella tiene relación directa con el grado de utilización y el proceso de aprendizaje. Será objeto de

esta investigación medir dichas relaciones y complementarlas con el conocimiento que los maestros tienen de las TIC.

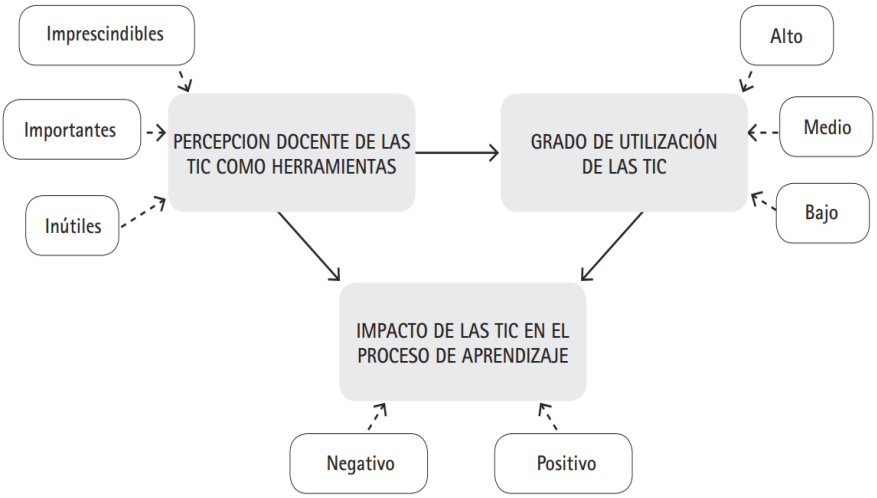


Figura 1 – Percepción docente de las TIC como herramientas del proceso de aprendizaje. Tomado de Rodríguez et al. (2015)

De otro lado, es importante considerar que aunque el docente tiene sus aspectos individuales para la percepción y utilización de TIC, el impacto de las organizaciones y en particular de las Instituciones de Educación Superior es fundamental en el establecimiento de marcos de trabajo y políticas orientadas al mejoramiento de la calidad de los programas. (García Arango, Luján Rodríguez, Zemel, & Gallego-Quiceno, 2018). Es así que las organizaciones no son ajenas a las externalidades; el ambiente que constantemente las rodea, hace que estén en permanentes dinámicas de cambio, de reinvención, autoevaluación para la mejora continua que propenda integrar a los individuos para que gestionen la creación, la ideación, los proyectos nuevos que pasen de lo tradicional a la innovación, originadas del descubrimiento de causas no evidentes, que generen múltiples alternativas que inviten a la incertidumbre de poder lograr lo impensable con el fin de obtener nuevo, variado y multidisciplinario conocimiento, para el logro de prototipos, modelos de nuevos o significativamente mejorados productos o servicios que incrementen los resultados económicos de la organización, hasta lograr diseños novedosos de desarrollo tecnológico, digitalización y automatización que generen un incremento positivo del impacto medio ambiental. (Lawrence & Lorsch, 1973)

Este escrito presenta en un primer momento una contextualización del instrumento y la muestra de estudio, en un segundo momento presenta los aspectos metodológicos de la investigación para en un tercer momento presentar los resultados y sus respectivos análisis. En un cuarto momento de genera una discusión en relación con los resultados y en un quinto momento se presentan las conclusiones.

2. Contextualización

La evaluación de relación entre percepción y uso de TIC en entornos educativos tuvo como población los docentes de una Institución Educativa de la ciudad de Medellín. La muestra fue de 75 docentes la cual se tomó teniendo en cuenta aquellos que participaban en las sesiones de formación docente que brinda la institución y que hacen parte de todos los programas de pregrado que se ofrecen.

Las edades de los participantes se encuentran por encima de los 25 y se prolonga por encima de los 60. Por esto, se agruparon por quinquenios, de manera que se encuentran 5 entre los 26 y los 30 años (6,7% de la muestra), 17 entre los 31 y los 35 años, (un 22,7% de los participantes), 13 se encuentran entre los 36 y los 40 años (17,3%), 20 docentes están en el rango de entre 41 y 45 años (26,7%), entre los 46 y 50 años se encuentran 8 docentes (10,7%), entre 51 y 55 años son 7, (9,3%), 4 docentes, hacen parte del grupo que tiene entre 56 y 60 años y solo 1 docente, tiene más de 60 años (1,3%).

El 34,6% de la muestra es de sexo femenino (26 docentes), mientras que el 65,4% es de sexo masculino (49 personas). Con relación a los programas donde se encuentran trabajando se tiene que 11 docentes son de Administración de Empresas (14,7%), 12 corresponden a Contaduría Pública (16%), de Derecho fueron 25 docentes (33,3%), 7 de Ingeniería de Sistemas (9,3%), de Ingeniería Industrial respondieron el cuestionario 2 docentes (2,7%), de Negocios Internacionales fueron 2 docentes (2,7%) y 16 docentes de la Licenciatura en Pedagogía de la Primera Infancia (21,3% de la muestra). Frente al nivel profesional alcanzado por los docentes de la muestra, 5 de ellos son únicamente profeisonales (6,7%), 62 docentes han alcanzado el nivel de maestría (82,7%) y entre doctores y posdoctores hay 5 docentes (6,7%).

Se utilizó como instrumento de recolección de información el Cuestionario Relación de Estilos de Aprendizaje y TIC – REATIC - (Moya, Hernández, Hernández y Cózar, 2011) que fue construido a partir de la identificación de los estilos de aprendizaje de Honey y Munford (1989) y de los desarrollo realizados por Honey, Alonso y Gallego (1994) y que determinan cuatro estilos de aprendizaje, activo, reflexivo, teórico y pragmático y se adapta el cuestionario al uso de la TIC, de manera que se pueda encontrar la relación entre los dos constructos.

El instrumento se compone de 60 ítems, divididos en cuatro subgrupos: conozco (ítem 1-12); uso (ítem 15-28); considero que las TIC (ítem 29-44); uso de las TIC según el estilo de aprendizaje (ítem 45-60). Tras la lectura de cada pregunta, el estudiante simplemente debía rodear con un círculo un solo número, en una escala Tipo Likert, de 1 (nada) a 4 (mucho). Este instrumento fue diseñado y validado por los autores del texto referenciado, Análisis de la fiabilidad y validez del cuestionario, a partir de: validez de constructo, siguiendo el juicio de expertos; consistencia interna, con el alfa de Cronbach (α=.852), reflejando una elevada fiabilidad; y realización de una prueba piloto, seleccionando una pequeña muestra para corregir posibles dificultades a la hora de responder el cuestionario.

El análisis factorial aplicado a la muestra en una investigación previa, dio como resultado los componentes por dimensiones y la respectiva ubicación de las preguntas del cuestionario que se detallan en la Tabla 1. Es importante aclarar que el análisis factorial permitió identificar bloques, que hacen referencia al conjunto de ítems del

cuestionario aplicado y que responden a una dimensión específica de análisis. En este caso, el primer bloque corresponde al conocimiento de las TIC por parte de los docentes, el segundo bloque corresponde al uso de las TIC por parte de los docentes, el tercer bloque corresponde a la percepción que los docentes tienen respecto a las TIC y el último bloque corresponde al uso de TIC según estilos de aprendizaje.

Bloque o Dimensión	Componente	Ítem o pregunta	Descripción del componente	Estilos
Conocimiento de las TIC	C11	V1, V2, V3, V5, V6, V7, V8, V9, V11, V14	Procesadores de información (lectura, búsqueda), aplicaciones de redes sociales y hardware	Reflexivo-teórico
	C12	V4, V10, V12, V13	Sistemas de información, sistemas de edición y desarrollo de contenidos. Actividades de curaduría de datos e información	Activo – pragmático
Uso de las TIC	C21	V15, V16, V17, V18, V19, V20, V21, V22, V23, V25, V28	Procesadores de información (lectura, búsqueda), aplicaciones de redes sociales y hardware. Sistemas de Información	Reflexivo-teórico
	C22	V24, V26, V27	Sistemas de edición y desarrollo de contenidos. Actividades de curaduría de datos e información	Activo – pragmático
Percepción acerca de las TIC	C31	V29, V30, V32, V33, V34, V36, V41, V42	Las TIC como componentes importantes en la formación y el aprendizaje	Integrador
	C32	V31, V35	Las TIC como difíciles de comprender y poco útiles	Pragmático
	C33	V40, V44	Las TIC imprescindibles en la sociedad y el disfrute del tiempo libre	Reflexivo
	C34	V37, V39, V43	Las TIC suministran información poco fiable y segura. No sustituyen los recursos tradicionales	Teórico
	C35	V38	Las TIC hacen perder mucho tiempo	Pragmático
Uso de las TIC según estilos de aprendizaje	C41	V45, V46, V47, V48, V49, V50, V52, V55, V57, V60	Utilización Integradora de las TIC	Activo - reflexivo - pragmático – teórico
	C42	V54, V56, V58, V59	Utilización conservadora de las TIC	Activo - reflexivo-pragmático
	C43	V51, V53	Aversión al uso de TIC	Activo-pragmático

Tabla 1 – Relación entre dimensiones, componentes, variables y estilos. Descripción de los componentes obtenidos – Elaboración propia.

3. Metodología

Los aspectos metodológicos de la investigación se enmarcan en un enfoque mixto de corte transversal de lógica abductiva en un nivel paradigmático del pragmatismo, tal y como lo propone Samaja (2012), es de esta forma que se tiene la posibilidad de asociar resultados y fundamentos teóricos para de esta forma dar cabida al caso de estudio. Con base en los referentes teóricos y atendiendo a los supuestos basados en el método del círculo hermenéutico, se generaron interrogantes que a la luz de la teoría pueden ser reinterpretados mediante un tratamiento estadístico de los datos siguiendo además la propuesta de Rueda de Aranguren, 2017 quien presenta etapas cíclicas y secuenciales de la siguiente forma: pre-comprensión, reconocer prejuicios, fusionar horizontes y contextos, oír el texto, aplicar el sentido, interrogarse.

Posterior a la identificación de presupuestos teóricos, se consideraron los datos obtenidos de la aplicación del cuestionario REATIC (De Moya Martínez, Hernández Bravo, Hernández Bravo, & Cózar Gutiérrez, 2011), orientado a la identificación de estilos de aprendizaje en el marco del uso, precepción y conocimiento de TIC. A los datos en cuestión, se les aplicó en primera instancia un análisis de componentes principales con rotación varimax en el software SPSS versión 23.0 (IBM Corp., 2015), tal y como se propone en Alaminos Chica, Francés García, Penalva Verdú, & Santacreu Fernández (2015). Los resultados de este análisis exploratorio pueden verse en la Tabla 1.

Debido al nivel exploratorio del análisis previamente realizado, se adelantó un proceso adicional para evaluar a profundidad respecto al nivel de correlación y los valores de regresión que podrían generarse al establecer interacciones entre los bloques o dimensiones identificados en la Tabla 1. Para este fin se construyeron modelos por ecuaciones estructurales en el software Amos de SPSS (Arbuckle, 2014). La Modelación por Ecuación Estructural (SEM por sus siglas en inglés), es una "técnica multivariada que combina aspectos de análisis factorial y regresión múltiple que permite al investigador examinar simultáneamente varias series de relaciones de dependencia interrelacionadas entre la variables medidas y los constructos latentes o entre los mismos constructos latentes". (Hair, Black, Babin, & Anderson, 2014, pág. 546).

De lo anterior, se identifican como variables medidas, las relacionadas con los ítems o preguntas del cuestionario; éstas variables contibuyen a la identificación de las variables latentes que corresponden a las siguientes dimensiones: conocimiento de las TIC, uso de las TIC, percepción acerca de las TIC y uso de las TIC según estilos de aprendizaje. Estas dimensiones pueden considerarse como variables endógenas o exógenas, según la consideración desde el punto de vista teórico de cuál variable o grupo de variables influye en las demás. La evaluación de la influencia se hace a través del ajuste del modelo donde se buscará un nivel de significación adecuado para la muestra con un valor p inferior a 0,05 tal y como se presenta en Coba Cisneros (2006).

Identificando posibles relaciones con base en los componentes teóricos previamente mencionados, se establecen dos escenarios de análisis con sus subsecuentes hipótesis que serán verificadas mediante el ajuste de modelo de tal forma que se obtengan conclusiones de la evaluación de incidencias entre las dimensiones en estudio. Con base en lo anterior, el proceso metodológico puede resumirse en lo presentado en la figura 1.

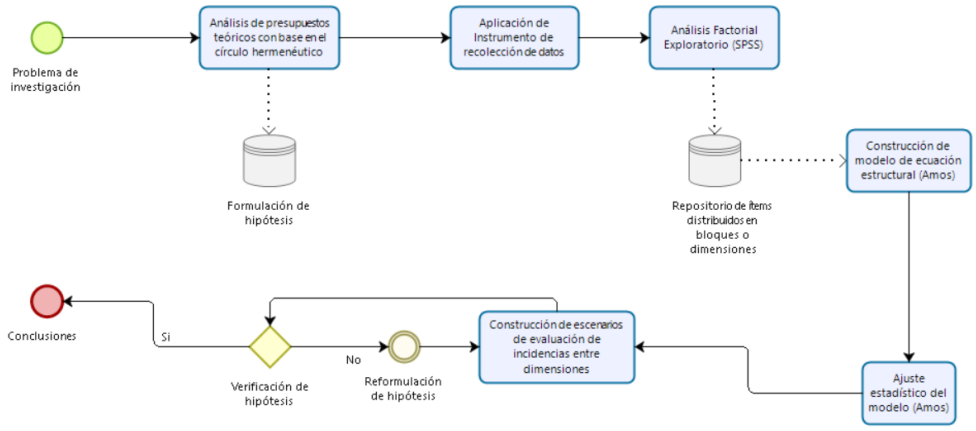


Figura 1 – Diseño metodológico de la investigación.
Elaboración propia con el software Bizagi (2013)

Puede observarse cómo mediante la lógica abductiva, se realizan contrastes de las hipótesis mediante el ajuste del modelo de ecuación estructural. Los resultados que se presentarán a continuación son los que siguen de la utilización del repositorio de ítems distribuidos en las cuatro dimensiones previamente mencionadas y que sirvieron de insumo para la construcción y ajuste de diversos escenarios del modelo posibilitando de ésta forma la evaluación de hipótesis de incidencia entre las dimensiones.

4. Resultados y análisis de resultados

Con base en la distribución de los 60 ítems y su respectiva clasificación en cuatro dimensiones de análisis, se realizó un ajuste de modelo que conllevó la reducción de 60 ítems a 30. La reducción de indicadores por dimensión y la descripción general del contenido de éstos, puede verificarse en la Tabla 2.

Dimensión	Retira	Conserva	Reducción	Descripción general
Conocimiento de las TIC	7	7	50%	Se conservan descriptores relacionados con procesadores de información, aplicaciones de redes sociales y hardware. Se privilegia un estilo reflexivo-teórico.
Uso de las TIC	6	8	42,8%	Se conservan descriptores relacionados con procesadores de información, aplicaciones de redes sociales y hardware. Se privilegia un estilo reflexivo-teórico, instrumental relacionado con la profesión a corto o mediano plazo.
Percepción acerca de las TIC	11	5	68,7%	Se conservan descriptores relacionados con las TIC como componentes importantes en la formación y el aprendizaje. Se privilegia un estilo integrador y de apertura al cambio en el marco del desarrollo y realización profesional.

Dimensión	Retira	Conserva	Reducción	Descripción general
Uso de las TIC según estilos de aprendizaje	6	10	37,5%	Se conservan descriptores que privilegian la utilización integradora de las TIC en contraposición con una utilización conservadora o de aversión. Se conjugan estilos activos, reflexivos, pragmáticos y teóricos con un énfasis especial en el interés práctico.
Total	30	30	50%	Los ítems que se conservaron dan cuenta de la mayor representatibidad estadísticamente significativa posible respecto a los datos obtenidos de la aplicación del instrumento a la muestra. Se identifican tensiones entre un estilo de aprendizaje integrador con preferencia en el interés práctico (percepción acerca de las TIC y usos de las TIC según estilos de aprendizaje) y un estilo de aprendizaje que conjuga reflexión y teoría (conocimiento de las TIC y uso cotidiano de las TIC).

Tabla 2 – Reducción porcentual de indicadores después de ajuste estadístico del modelo – Se identifican la cantidad de preguntas que se retiran y se conservan con base en el ajuste de modelo así como una descripción general del resultado para cada dimensión.

El análisis presentado en la Tabla 2 muestra la descripción de las dimensiones respecto a los indicadores que quedaron después de ajustar los datos. En ese orden de ideas, mediante éste ajuste quedan las preguntas que son más representativas estadísticamente para la muestra. La viabilidad de este tipo de ajuste se presenta en Ullman (1996) quien citado por (Valdivieso Taborga, 2013, pág. 104) presenta que "existen dos motivos para reespecificar un modelo (es decir, eliminar o introducir relaciones entre las variables que los conforman). Estos motivos son: 1) mejorar su ajuste; y 2) contrastar alguna hipótesis teórica". El caso que compete al presente estudio se toma el mejoramiento de ajuste pero el resultado se estudia en el marco del contexto observando coherencia con la teoría y la competencia digital en el contexto de la Institución de Educación Superior de la cual se extrajo la muestra.

A continuación, se presentarán y analizarán dos escenarios de relación entre la cuatro dimensiones de estudio y que han sido tratadas como variables latentes, en cada escenario las dimensiones pueden tomar el rol de variable latente endógena (variable dependiente) o de variable latente exógena (variable independiente).

El modelo se estimó mediante la medida de máxima verosimilitud. Respecto al ajuste del modelo, se obtuvo valores de CMIN/DF=1,450; CFI=0,905 y RMSEA=0,079 con un valor $p < 0.05$.

4.1. Escenario 1: hipótesis de correlaciones

En este escenario solo se consideran correlaciones, de esta forma las dimensiones se tratan únicamente como variables exógenas. Se generaron las siguientes hipótesis que serán contrastadas de forma similar a como se puede observar en Contreras, Espinosa, & Barbosa (2017):

H11: Existe una correlación significativa entre conocimiento de las TIC y uso de las TIC

H12: Existe una correlación significativa entre conocimiento de las TIC y percepción acerca de las TIC

H13: Existe una correlación significativa entre conocimiento de las TIC y uso de las TIC según estilos de aprendizaje

H14: Existe una correlación significativa entre uso de las TIC y percepción acerca de las TIC

H15: Existe una correlación significativa entre uso de las TIC y uso de las TIC según estilos de aprendizaje

H16: Existe una correlación significativa entre percepción acerca de las TIC y uso de las TIC según estilos de aprendizaje

Los resultados de modelo de ecuación estructural para estas hipótesis se verifican en la Figura 2. En la Tabla 3 se pueden observar los valores de estimación de las correlaciones junto con la respectiva verificación de hipótesis.

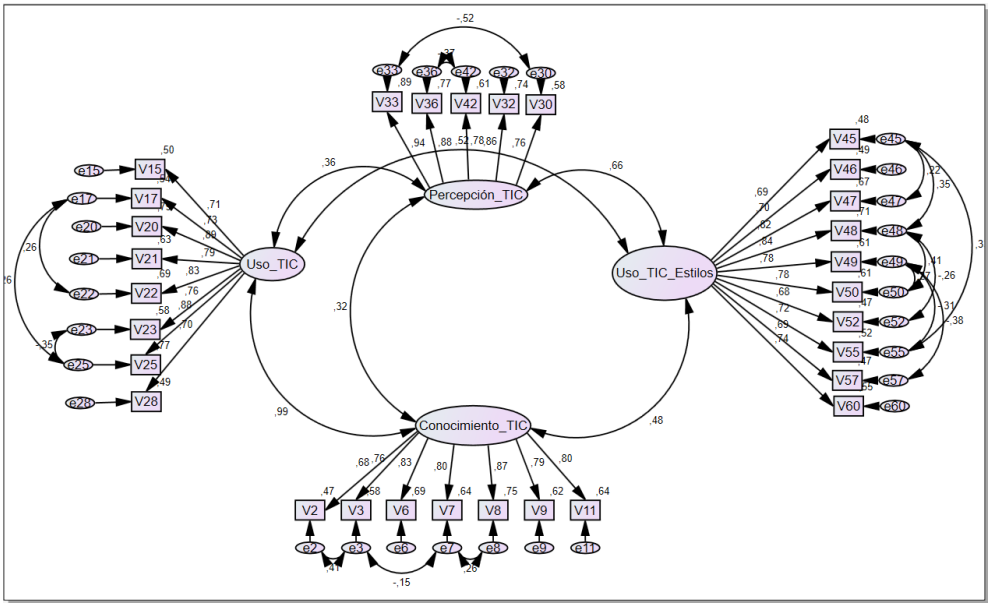


Figura 2 – Modelo de ecuación estructural para las correlaciones de las dimensiones de análisis. Elaboración propia.

Hipótesis	Coeficiente de correlación	Valor-p	Estado de la hipótesis
H11: Existe una correlación significativa entre conocimiento de las TIC y uso de las TIC	0,990	<0,001	Aceptada
H12: Existe una correlación significativa entre conocimiento de las TIC y percepción acerca de las TIC	0,324	0,016	Aceptada
H13: Existe una correlación significativa entre conocimiento de las TIC y uso de las TIC según estilos de aprendizaje	0,483	0,02	Aceptada
H14: Existe una correlación significativa entre uso de las TIC y percepción acerca de las TIC	0,359	0,009	Aceptada
H15: Existe una correlación significativa entre uso de las TIC y uso de las TIC según estilos de aprendizaje	0,521	0,002	Aceptada
H16: Existe una correlación significativa entre percepción acerca de las TIC y uso de las TIC según estilos de aprendizaje	0,664	<0,001	Aceptada

Tabla 3 – Valores obtenidos de verificación de las hipótesis de correlaciones.

Con base en los valores presentados en la Tabla 3, se observa que todas las correlaciones son significativas. Los valores más bajos de correlación son las hipótesis H12: Existe una correlación significativa entre conocimiento de las TIC y percepción acerca de las TIC (0,324) y H14: Existe una correlación significativa entre uso de las TIC y percepción acerca de las TIC (0,359). Resulta por tanto adecuado considerar que, si bien es cierto que las correlaciones obtenidas entre estos pares de componentes son significativas, tienen un valor pequeño. En ese orden de ideas, no hay una alta correlación entre el conocimiento que se tiene de las TIC y la percepción que se tiene de ellas al igual que no existe una alta correlación entre el uso de las TIC y la percepción que se tiene de ellas. Resulta interesante identificar la alta correlación existente entre el conocimiento y el uso de las TIC.

4.2. Escenario 2: hipótesis de evaluación de incidencia en la percepción respecto a las TIC por parte del docente

Se identificarán ahora hipótesis de incidencia del uso de TIC, uso de TIC según estilos de aprendizaje y conocimiento de TIC en la percepción de las TIC en el docente. El objetivo consistirá entonces en identificar el nivel de incidencia de estas variables en la única variable endógena denominada percepción_TIC. Se generaron las siguientes hipótesis que serán contrastadas de forma similar al escenario 1 en el software Amos.

H11: El Uso_TIC influye en la Percepción_TIC

H12: El Conocimiento_TIC influye en la Percepción_TIC

H13: El Uso_TIC_Estilos influye en la Percepción_TIC

Los resultados de modelo de ecuación estructural para estas hipótesis se verifican en la Figura 3. En la Tabla 4 se pueden observar los valores de estimación de regresión y de regresión estandarizada junto con la respectiva verificación de hipótesis.

Con base en lo presentado en la Tabla 4, se observa que la única hipótesis aceptada es la que relaciona la influencia del uso de TIC basada en los estilos de aprendizaje en la percepción que el docente tiene respecto a la utilización de TIC en entornos educativos.

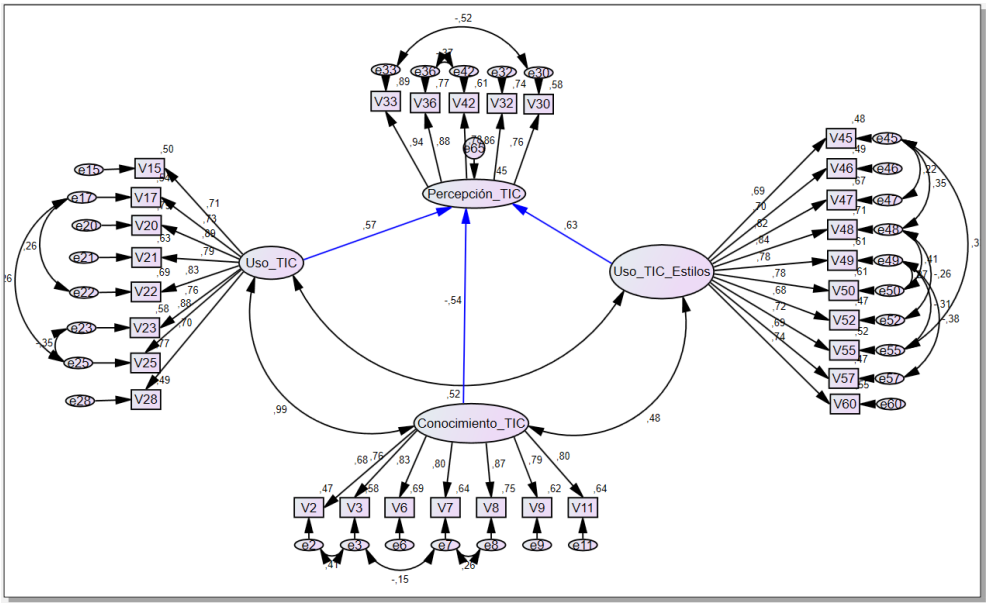


Figura 3 – Modelo de ecuación estructural para hipótesis de evaluación de influencia del Uso_TIC, Conocimiento_TIC y Uso_TIC_Estilos en la Percepción_TIC respecto a su aplicación en entornos educativos (en azul). Elaboración propia.

Hipótesis	Coeficiente de regresión	Coeficiente de regresión estandarizado	Valor-p	Estado de la hipótesis
H11: El Uso_TIC influye en la Percepción_TIC	0,564	0,566	0,811	Rechazada
H12: El Conocimiento_TIC influye en la Percepción_TIC	-0,555	-0,541	0,815	Rechazada
H13: El Uso_TIC_Estilos influye en la Percepción_TIC	0,733	0,630	<0,001	Aceptada

Tabla 4 – Valores obtenidos de evaluación de hipótesis mediante pesos de regresiones en el modelo de ecuación estructural. Elaboración propia.

Los resultados aquí presentados, van en concordancia con el análisis presentado en la Tabla 2, donde se identifica que se privilegian estilos de aprendizaje y percepciones de aplicación de TIC con enfoque integrador y con énfasis preferente en aspectos asociados a la racionalidad práctica.

4. Discusión

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), en Colombia solo el 22% de la población adulta tiene un título de educación superior o de una institución técnica para desempeñar algún oficio. Este hecho marca una de las tantas desigualdades del país y el complejo acceso a una competitividad económica. El Foro Económico Mundial (WEF) en su informe de 2015, revela la desigualdad entre las clases socioeconómica cuando se trata de rendimiento académico. Tan solo el 1,5 % de los estudiantes de escasos recursos en Colombia se ubicaron en el cuartil más alto en la evaluación de matemáticas del informe PISA de la OCDE. Estas cifras muestran un rezago de los estudiantes en comparación con las cifras de países como República de Corea y Singapur, que oscilan entre el 12 % y el 15 %.

El WEF sugiere que el Estado colombiano debe implementar políticas dirigidas a atraer, desarrollar y retener a los mejores profesores, pero también se les debe proporcionar orientación priorizando las instituciones con rendimientos más bajos y las áreas rurales con mayores índices de pobreza. Esto llama a poner atención y la acción sobre la innovación tecnológica, lo que exige actualizar las habilidades docentes y ponerla a tono en el contexto de la cuarta revolución industrial y las exigencias de los espacios de trabajo contemporáneo que se están creando y otros que aún no existen, pero se estiman por necesidad tecnológica. En Colombia los docentes de hoy, son el producto de la tercera revolución industrial, donde la electrónica y la informática, encontraron un punto de convergencia para hacer de palanca a la producción automatizada. La tecnología fue columna vertebral durante sus avances, pero su velocidad es tal que llegó la cuarta revolución industrial, término que fue mencionado en el foro económico mundial de 2016 por Klaus Schwab, indicando que se estaba frente a un mundo que fusionaba los sistemas cibernéticos con lo físico y biológico. La característica fundamental de esta revolución es la automatización y el manejo de datos que permiten entender la mente del consumidor y en consecuencia, crear para satisfacer su necesidad.

Con base en los planteamientos anteriores y los resultados de la investigación, las políticas orientadas a la formación docente y de gestión curricular, deberían enmarcarse en una liberación de la tensión permanente entre los supuestos teórico-reflexivos y los aspectos prácticos del desarrollo de la profesión. Esta afirmación es apoyada por Knowles (2006) quien citando a Lindeman (1989) enuncia supuestos clave sobre aprendices adultos:

“i. Los adultos se motivan a aprender cuando experimentan necesidades e intereses que el aprendizaje satisfará. ii. La orientación de los aprendices hacia el aprendizaje se centra en la vida. iii. La experiencia es el recurso más rico para el aprendizaje de los adultos. iv. Los adultos tienen una profunda necesidad de autodirigirse. v. Las diferencias individuales entre la gente se incrementan con la edad”. El docente, al ser

adulto se ve altamente influido por los aspectos que influyen significativamente en su práctica llevando a una modificación sustancial de los procesos de enseñanza. Este planteamiento es reforzado por Arrieta & Montes (2011) quien afirma que las personas comprometidas y pragmáticas "tienen relaciones más fuertes con los dispositivos de los medios de comunicación"(p. 186). De ahí que en esta nueva era de las tecnologías de la información y las comunicaciones, es evidente la necesidad de incorporar a la estructura organizacional de las Instituciones de Educación Superior, estrategias de formación que faciliten una interacción metacognitiva y autorregulada de las acciones asociadas al rol profesional del docente.

5. Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos, se identifica que el uso de TIC basado en los estilos de aprendizaje influye significativamente en la percepción del docente respecto a la implementación de TIC en entornos educativos con un peso de regresión de 0,63. De lo anterior se infiere que, si se estimula en la formación docente el uso de TIC desde la perspectiva del interés práctico, se potencia el uso de estas desde lo instrumental, dando cabida a una mejor percepción respecto al uso mediador de las TIC en el marco del mejoramiento de la práctica docente desde una reflexión en su habitus.

Respecto a los resultados obtenidos, no existe una influencia significativamente estadística del uso instrumental de las TIC o del conocimiento de las TIC en la percepción que el docente tiene respecto a su utilización en entornos educativos. Lo anterior permite considerar a nivel de gestión curricular que docentes afines a las nuevas tecnologías no necesariamente serán mejores implementando nuevas tecnologías en las asignaturas que direccionan.

Se identifica una tensión existente entre el estilo de aprendizaje reflexivo-teórico (uso instrumental de las TIC) y los estilos de aprendizaje integradores (uso metacognitivo y autorregulado de las TIC), esta tensión puede sortearse mediante la inclusión de situaciones y mediaciones basadas en la reconstrucción de la práctica docente desde los estilos de aprendizaje docente para la formación en implementación de TIC en entornos educativos.

Referencias

Agreda Montoro, M., Hinojo Lucena, M. A., & Sola Reche, J. M. (2016). Diseño y validación de un instrumento para evaluar la competencia digital de los docentes en la educación superior española. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*(49), 39-56. doi:http://dx.doi.org/10.12795/pixelbit.2016.i49.03

Alaminos Chica, A., Francés García, F. J., Penalva Verdú, C., & Santacreu Fernández, Ó. A. (2015). *Análisis multivariante para las Ciencias Sociales I. Índices de distancia, conglomerados y análisis factorial.* Ecuador: PYDLOS Ediciones.

Arbuckle, J. L. (2014). Amos (Versión 23.0). *[Computer Program]*. Chicago: IBM SPSS.

Arrieta, C. A., & Montes, V. D. (2011). Alfabetización digital: uso de las TIC mas allá de una formación instrumental y una buena infraestructura. *Rev. Colombiana cienc. Anim.*, 180-197.

Bizagi. (2013). *Bizagi Process Modeler*. Bogotá: Bizagi Limited.

Coba Cisneros, M. (2006). *Modelización de ecuaciones estructurales*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Cuéllar, O., García, D., Villarreal, J., Gallego, D., Echeverri, C. y Henao, C. (2019). Digital attitude in university teachers and emerging factors: a case study in the colombian context for the implementation of MOOC courses type. 9 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Coimbra, Portugal, 2019, pp. 1-6.

Contreras, F., Espinosa, J. C., & Barbosa, D. (2017). Entrepreneurial intentions of Colombian business students Planned behaviour, leadership skills and social capital. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, 1-16.

De Moya-Martínez, M., Hernández-Bravo, J. R., Hernández-Bravo, J. A., & Cózar-Gutiérrez, R. (2011). Análisis de los estilos de aprendizaje y las TIC en la formación personal del alumnado universitario a través del cuestionario REATIC. Revista de Investigación Educativa, 137-156.

García Arango, D. A., Luján Rodríguez, G., Zemel, M. E., & Gallego-Quiceno, D. E. (2018). Calidad en instituciones de educación superior: análisis comparativo entre modelos. *Revista Venezolana de Gerencia, 23*(1), 200-2017.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2014). *Multivariate Data Analysis*. Londres: Pearson.

IBM Corp. (2015). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0. Armonk, NY.

Knowles, M. (2006). *Andragogía*. México: Oxford.

Lawrence, P. R., & Lorsch. (1973). *Organización y ambiente*. México: Labor, S.A.

Lindeman, E. (1989). The Meaning of Adult Education. *The Oklahoma Research Center for Continuing Professional and Higer Education*.

Montero, L. (2001). *La construcción del conocimiento profesional docente*. Rosario: Homo Sapiens.

Muñoz Pérez, E., & Cubo Delgado, S. (2019). Competencia digital, formación y actitud del profesorado de educación especial hacia las Tecnologías de la Información y la comunicación (TIC). *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado.*, 209-241.

Rodríguez, H. D. J. D., Limón, J. A. G., Pisfil, M. L., Torres, D. V., & Exume, J. C. D. (2015). Estilos de aprendizaje: un estudio diagnóstico en el centro universitario de ciencias económico-administrativas de la U de G. Revista de la educación superior, 44(175), 121-140.

Rueda de Aranguren, D. M. (2017). El círculo hermenéutico... el círculo de la comprensión. *Analéctica*, 1-4.

Samaja, J. (2012). *Epistemología y metodología. Elementos para una teoría de la investigación científica*. Buenos Aires: Eudeba.

Sanjurjo, L. (2012). Socializar experiencias de formación en prácticas profesionales: un modo de desarrollo profesional. *Praxis educativa*, 22-32.

Ullman, J. D. (1996). Structural equation modeling. En B. G. Tabachnick, & B. G. Fidell, *Using multivariable statistics* (págs. 709-780). New York: HarperCollins.

Valdivieso Taborga, C. E. (2013). Comparación de los modelos formativo, reflexivo y de antecedentes de evaluación estudiantil del servicio de docencia. *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa*, 95-120.

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

Recebido/Submission: 07/11/2019
Aceitação/Acceptance: 12/01/2020

Métodos para fabricação de patch de antenas usando moldes impresso em 3D

Aleandro dos Santos Oliveira[1], Francisco de Assis Brito Filho[2]

aleandro10100@gmail.com, brito.rn@gmail.com

[1] Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Avenida Universitaria Leto Fernandes s/n, CEP 59780-000, Caraúbas, Brasil

[2] Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Avenida Universitaria Leto Fernandes s/n CEP 59780-000, Caraúbas, Brasil.

Pages: 421–431

Resumo: É apresentado novos métodos empregando a tecnologia de impressão 3D para fabricação de antenas usando moldes e substratos feitos juntos por modelagem por deposição fundida (FDM). Com o maior emprego da impressão 3D na fabricação de dispositivos de RF mais complexos surge a problemática de como posicionar o patch de forma eficiente e de baixo custo. A metodologia proposta facilita a maneira como tintas condutoras e o adesivo de cobre é depositado sobre os substratos para componentes de RF. Resolvendo o problema da acomodação de patchs mais complexos sobre o dielétrico. Como prova do conceito, foram projetadas antenas de patch retangular e circular para a faixa de frequência de 2,45 GHz usando substratos de acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS) e dois tipos de material condutor: tinta de prata e adesivo de cobre. Resultados experimentais de medição comparados com resultados de simulação foram fornecidos para mostrar a eficiência do método.

Palavras-chave: Impressão, Patch de antenas, Manufatura aditiva, modelagem por deposição fundida.

Methods for patching antennas using 3D printed molds

Abstract: New methods presented using 3D printed technology for antenna fabrication using molds and substrates done together by fused deposition modeling (FDM) presented. With the greater use of 3D printing in the manufacture of RF devices, more complex problems of positioning or correction arise efficiently and at low cost A proposed methodology facilitates the way in which conductive inks and copper adhesive are deposited on substrates for RF components. Solving the problem of accommodating more complex patches on the dielectric. As proof of concept were designed patch antennas for 2.45 GHz frequency range using Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) substrates and two types of conductive material: silver paint and adhesive copper. Experimental measurement results compared to simulation results provided to show the efficiency of the method.

Keywords: Printing, Patch Antennas, Addictive Manufacturing, Fused Deposition Modeling.

1. Introdução

Impressão 3D por modelagem por deposição fundida baseado na tecnologia de manufatura aditiva, tem a capacidade de criar objetos físicos complexos a partir do empilhamento das diferentes camadas do fatiamento de um modelo digital (Pollák et al., 2018). Devido a infinidade de possibilidades na construção de geometrias arbitrárias, a impressão 3D está sendo considerada o futuro da manufatura (Yu et al., 2018), podendo ter várias aplicações em dispositivos para radiofrequência (RF) planar ou não planar (Sanz-Izquierdo & Parker, 2014), como em estruturas de antenas complexas como patch na forma hélice esférica dobrada (Kim, 2014), fractal (Jun et al., 2017) ou variações na forma do substrato (Ahmadloo & Mousavicite, 2013) (Nassar & Weller, 2012), reduzindo custos em relação às antenas de fabricação tradicionais (Robb, 2018).

O uso de um substrato feito por AM expande as possibilidades na fabricação de um dispositivo para RF, sendo possível variar o tipo do material a ser utilizado no processo de impressão, sua densidade, geometria do preenchimento do substrato ou altura (Mirzaee & Noghanian, 2016). Como consequência, é possível modificar a largura de banda (Silva et al., 2017) ou as frequências ressonantes de uma antena sem alterar as dimensões do patch. Os adesivos utilizados em dielétricos impressos em 3D podem ser fabricados com fita adesiva de cobre (Nassar & Weller, 2012) (Yu et al., 2018), spray em aerossol de nanopartículas de prata (Robb, 2018), processo de galvanoplastia em tinta condutiva de prata ou pasta condutiva de prata aplicada manualmente (Jun et al., 2018). No entanto, as técnicas para aplicar esses materiais à superfície do dielétrico requerem equipamentos relativamente caros ou difíceis de implementar, visto que acomodar o patch fora posição projetada inviabiliza construção de dispositivos de RF que são sensíveis a qualquer variação no condutor do patch.

Este trabalho propõe novos métodos para se fabricar antenas usando moldes para o patch feito com mesmo material do substrato impresso em 3D usando a tecnologia FDM, a fim de obter um custo mais baixo e prototipagem rápida, uma vez que não há necessidade de equipamentos adicionais para todo o processo, apenas uma impressora 3D de baixo custo.

2. Tecnologia de impressão 3D para fabricação de dispositivos de RF

A técnica de impressão 3D usando modelagem por deposição fundida cria os objetos pela extrusão de filamentos termoplásticos, fazendo o empilhamento das camadas de baixo para cima (Surange & Gharat, 2016). Um modelo 3D a ser impresso passa por um software que prepara o fatiamento do objeto, cria estruturas de suporte e delineia os caminhos da extrusão. O software também pode configurar as temperaturas de extrusão, dependendo do filamento termoplástico usado. O processo é resumido como um arquivo .gcode que é executado na impressora 3D para orientar todo o processo de impressão (Savini & Savini, 2015).

A caracterização dielétrica do substrato do material impresso em 3D é feita usando Vector Network Analyzer (VNA), pela técnica de transmission/reflection line (TRL) que envolve a medição dos parâmetros de espalhamento complexo de duas portas refletido

(S11) e transmitido (S21) e a partir deles é possível obter permissividade elétrica e a tangente de perda dos materiais usando o modelo matemático de Nicholson-Ross-Weir (NRW) (Isakova et al., 2016) (Luukkonen et al., 2011).

Alguns métodos foram relatados para sintetizar estruturas de RF, como antenas, usando a tecnologia de impressão 3D na literatura recente. Uma antena de hélice esférica dobrada foi fabricada por FDM e toda a estrutura foi sobreposta por uma camada condutora de tinta spray. As perdas foram analisadas para cada camada de pulverização depositada, atingindo 80 % de eficiência de radiação em comparação com uma antena fabricada em cobre (Heirons et al., 2016). Outra técnica proposta foi o uso do metal AM para fabricar antenas fractais que unificam grãos ultrafinos de aço inoxidável. Após a deposição do metal, o objeto moldado precisa entrar em um forno a 1300 °C para ser finalizado (Jun et al., 2017). Este método apresentou uma grande robustez mecânica, mas é considerado caro e não adequado para prototipagem rápida.

Stereolithography (SLA) é usada na fabricação de substrato planar e em uma impressora cartesiana projetada para executar a tarefa de imprimir tinta na superfície deste dielétrico, com seguinte processo: imprimindo camada de nitrato de prata e sobre ela uma camada de ácido ascórbico gerando uma reação química metalizando a prata (Surange & Gharat, 2016). Porém dielétrico e tinta condutiva podem ser impressas na mesma impressora 3D FDM, pois foram feitas algumas modificações para o uso, podendo usar uma grande quantidade de termoplásticos que tenha ponto de fusão abaixo de 270 °C (Ahmadloo & Mousavi, 2013).

O uso de tintas condutoras já pode ser visto em inúmeros trabalhos, devido às suas características de aplicação rápida, baixo custo e baixo impacto ambiental (Luukkonen et al., 2011) aplicado a substratos fabricados em impressoras 3D. Outro material condutor amplamente utilizado são as fitas de cobre que podem ser cortadas e fixadas em um dielétrico.

Há um avanço crescente que acompanha a manufatura aditiva, que é a busca de alternativas na fabricação de superfícies condutoras para dispositivos eletrônicos. O jateamento de tinta condutora de nanopartículas de prata com a ajuda de uma impressora está produzindo muitos trabalhos, no entanto, técnicas como essas requerem equipamentos caros (Islam et al., 2016) ou modificações complexas seriam necessárias na impressora 3D para que ele possa depositar um fluido condutor em uma superfície desejada.

Neste artigo é proposto novos métodos baseado em moldes de patch impressos em 3D para patchs de materiais condutores, como tintas condutoras e adesivos de cobre. O molde ser removível ou fixo no substrato dielétrico ambos fabricados com o mesmo material.

3. Método proposto de fabricação de molde de patch por impreção 3D

Com o levantamento bibliografico, verificou que existe um grande número de artigos de dispositivos de RF impressos em 3d, porém a forma que são usadas para adicionar o patch sobre a superficie sem nenhum tipo de gia ocasiona a dificuldade em acomoda-lo na posição para que foi projetado inviabilizando a fabricação de patchs complexos. Essa é problematica resolvida neste trabalho.

Este trabalho em como objetivo principal de criar protótipos rápidos e com o menor custo, essa metodologia foi criada para facilitar e agilizar a fabricação de dispositivos de RF usando a tecnologia de impressão 3D FDM sem precisar fazer alterações na impressora. O desenvolvimento de moldes impressos em 3D que contornam o patch a ser desenhado no substrato permite o uso de tintas condutoras que podem ser aplicadas na forma de aerossol ou manualmente ou auxiliando no corte de adesivos de cobre, facilitando seu posicionamento quando é depositado.

A configuração da impressora 3D para o processo de impressão dos moldes e substratos usando material ABS foi de 255° C com cama aquecida a 100° C usando extrusora com bico de 0,4 mm de diâmetro e preenchimento de 100 % com altura da camada de 0,1 mm.

O molde faz o contorno do patch e pode ser construído de forma que seja removível ou fixo no próprio dielétrico. O molde removível não é aplicável em casos onde o patch tenha áreas vazadas em sua superfície, no entanto, isso é resolvido com o modelo fixo. Foi implementado essa metodologia na fabricação de antenas com geometrias de patchs bem conhecidas na literatura.

O dispositivo de RF escolhido para aplicar essa metodologia foi a antena planar com patch retangular e com patch circular, pois é uma estrutura simples que pode ser fabricada com moldes impressos em 3D e, posteriormente, pode facilmente verificar seu desempenho. As antenas foram projetadas para operar com frequência central de 2,45 GHz e usou substrato dielétrico de acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS) que possui permissividade relativa de $\varepsilon = 2{,}65$ e tangente de perdas $\delta = 0{,}0048$ medida usando o método proposto em (Savini & Savini, 2015). Para o substrato da antena retangular foi impresso em 3D com tamanho de W = 54,01 mm, L = 45,69 mm e altura de h = 1,5 mm. Os patchs retangulares foram feitos com tinta condutora de prata pura e fita adesiva de cobre, cujas dimensões foram determinadas pelas equações mostradas em (Isakova et al., 2016), são elas: w = 45,01 mm, L = 36,70 mm, y=13,03 mm, x = 0,35 mm, l = 4,50 mm, g=3,38mm. O plano de terra da antena tem as mesmas dimensões do substrato ABS. A Figura 1 mostra as dimensões do protótipo feitas neste trabalho.

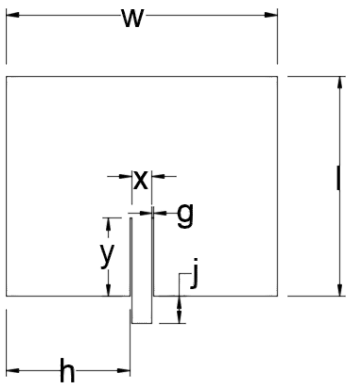


Figura 1 – Dimensões da antena que ser aplicado a técnica do molde

Os moldes também foram feitos por AM e têm dimensões internas iguais às do patch. Para a antena retangular o seu molde e removível e tem as dimensões externas iguais ao do substrato dielétrico e a parte circular tem um raio de f = 0,5 mm, mostrado na Figura 2. Nesta configuração, o desenho do patch que estará nos moldes deve estar na mesma posição que o patch no substrato dielétrico. Em outras palavras, os moldes são a cópia exata da antena onde o local do patch será vazado.

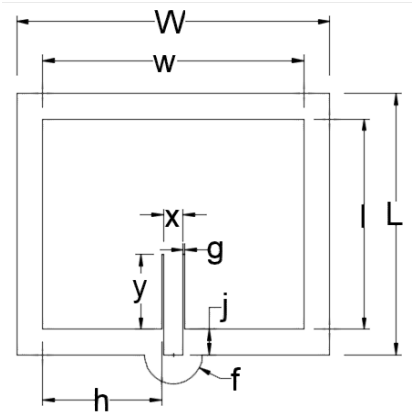


Figura 2 – As dimensões do molde, a parte interna é vazada e tem a mesmas dimensões do patch.

Os moldes são projetados em um software CAD, exportados para um fatiador e enviados para uma impressora 3D. O mesmo procedimento é aplicado à fabricação do substrato. O objeto após a impressão foi lixado para retirar pequenos relevos que permanecem na superfície. Essas imperfeições podem impedir que a antena funcione corretamente.

O design dos moldes removível deve ter uma altura de 1 mm. Valores superiores a esse dificultam a colocação do adesivo de cobre e os moldes mais finos são muito flexíveis, impossibilitando o uso. Para o emprego da tinta condutora, basta colocar o molde sobre substrato para que seja posicionado corretamente e a tinta condutora possa ser aplicada uniformemente. Para usá-lo com adesivo de cobre, sabendo que os moldes têm uma forma interna igual à do patch, o adesivo de cobre é colado no molde e, com a ajuda de um objeto cortante, corta-o sem tirá-lo da cavidade. Sabendo que o molde está centralizado no topo do substrato, basta pressionar o adesivo contra o dielétrico para que ele adira à superfície. Este procedimento é mostrado na Figura 3. O conector SMA foi usado na antena construída para fins de teste.

Para as antenas circulares os moldes e o substrato dielétrico fazem parte da mesma estrutura, fazendo com que a região que será colocado o patch tenha um desnível de 0,1mm em relação ao seu contorno. As 3 antenas circulares receberam 3 tipos de tratamentos na superfícies no dielétrico após a impressão, uma sem acabamento, com a superfície lixada e a última polida no vapor de acetona. As dimensões do substrato da antena circular é de: largura= 50,80 mm e comprimento = 81,80 mm. O patch tem suas

medida de: raio = 22,5 mm, comprimento da linha de microfita = 34,70 mm, largura da linha e do inset-fed = 3,95 mm, comprimento do inset-fed = 13,90 mm e o plano terra tem as mesmas dimensões do substrato. A Figura 4 mostra o modelo 3D da antena circular.

O procedimento para adicionar o patch é similar ao do molde removível. Depositar o adesivo de cobre sobre a superfície do dielétrico, pressionar na região do patch até destacar o relevo do molde, com a ajuda de um objeto cortante fazer o contorno do relevo do molde ficando apenas o patch no substrato. Outra forma de usar esse molde é após aplicar o adesivo de cobre, com o auxílio de uma lixa desbastar o excesso do cobre, devido o relevo do molde, apenas essa parte é retirada, ficando apenas o patch na parte mais baixa do dielétrico. O conector SMA também foi usado na antena construída para fins de teste.

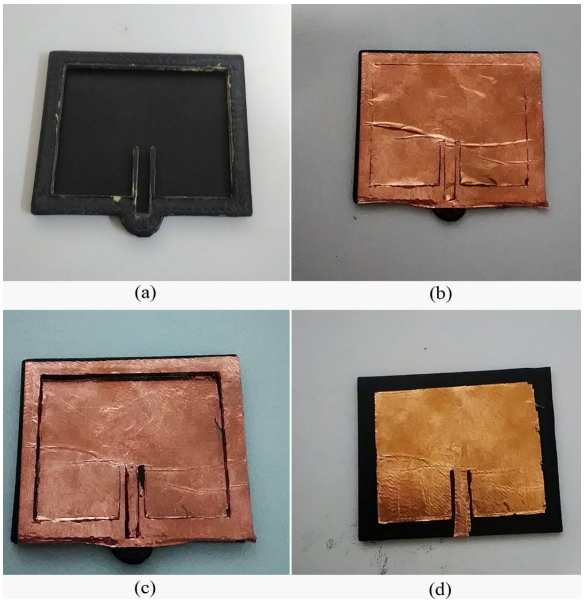


Figura 3 – Procedimento de como utilizar o molde removivel:(a) O molde sobre o substrato;(b) adesivo de cobre cortado sobre o molde;(c)precionado o adesivo contra o substrato diletrico;(d) resultado quando tirou o molde de cima do dieletrico.

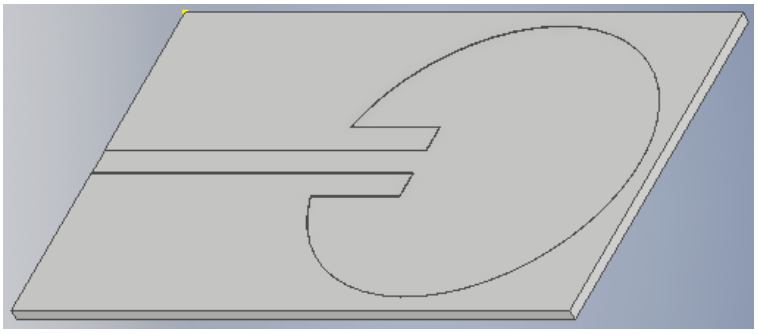
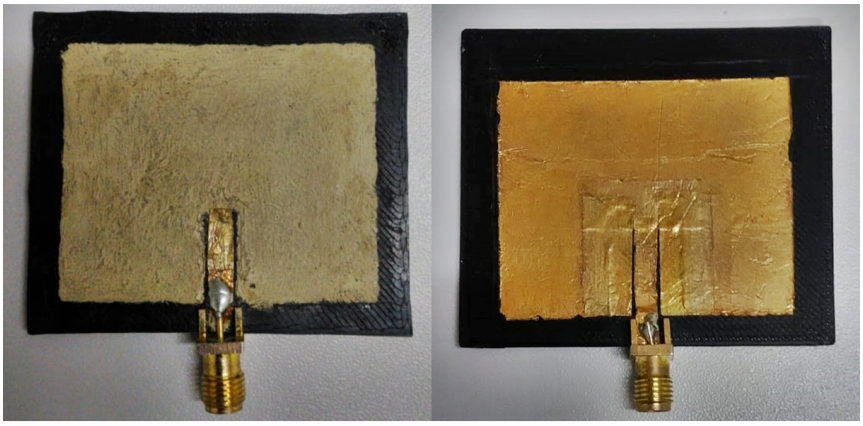


Figura 4 – Modelo 3D da antena circular com o relevo do molde

4. Resultados e discussões

A metodologia aqui proposta, se mostrou eficiente na fabricação das antenas, fazendo com que seus patchs fossem posicionados nos seus devidos lugares sem dificuldade.

As antenas retangulares projetadas e fabricadas são mostradas na Figura 5. (a) e (b), a antena condutora pintada e a antena com adesivo de cobre, respectivamente. Nos dois casos, foram utilizados conectores SMA soldados para testar as antenas com o Vector Network Analyzer (VNA), a fim de medir a reflectância.



(a) (b)

Figura 5 – Antenas com substrato dielétrico de ABS fabricadas usando o molde: (a) patch de tinta condutva; (b) patch de adesivo de cobre

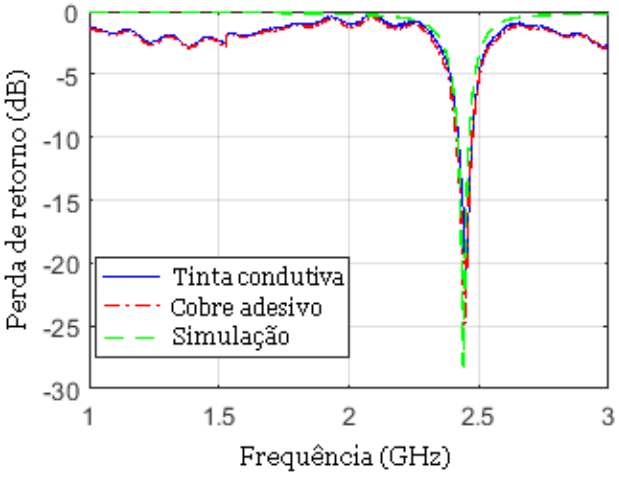


Figura 6 – Coeficiente de reflexão da antena simulada em verde, a azul com patch de adesivo de cobre e a vermelha com tinta condutiva de prata.

A Figura 6 compara a perda de retorno da antena retangular simulada com as fabricadas usando o método proposto. O parâmetro S11 foi medido na faixa de frequências de 1 GHz a 3 GHz. Variações mais baixas na perda de retorno fora da banda podem ser devidas ao processo de acabamento manual ou a pequenas imperfeições nas bordas.

Os resultados das medições de frequência de ressonância e largura de banda são próximos dos simulados, a frequência central de 2.45 GHz, ganhos de 3,02 dB e fornecem a validação do método.

A antena circular sem acabamento é mostrada na Figura 7, os aspectos visuais da antena lixada e polida não ficam amostra por estarem debaixo do patch. Nas três antenas circulares, foram utilizados conectores SMA soldados para testar as antenas com o Vector Network Analyzer (VNA), a fim de medir a reflectância.



Figura 7 – Antena circular com substrato dielétrico com molde de ABS com sem patch de adesivo de cobre.

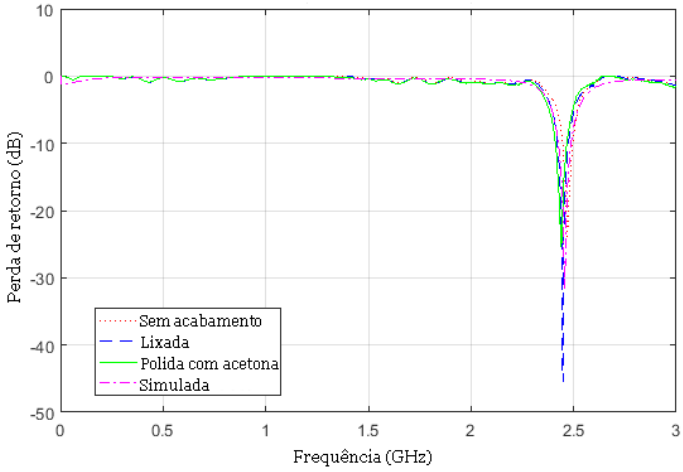


Figura 8 – Coeficiente de reflexão da antena circular sem acabamento em linha pontilhada, lixada em linha tracejada, polida com acetona naem linha continua e a simulada em traço ponto.

A Figura 8 compara a perda de retorno da antena circular simulada com as fabricadas usando o método proposto. O parâmetro S11 foi medido na faixa de frequências de 1 Hz a 3 GHz. Os resultados das medições de frequência de ressonância e largura de banda são bem próximos dos simulados que podem ser notados com a sobreposição das curvas das antenas, a frequência central de 2.45 GHz, ganhos de 3,44 dB, perda de retorno da antena sem acabamento, lixada, polida com acetona e simulada foram respectivamente: -23,89 dB, -45.48 dB, -25,40 e -31,39 dB. A antena com a sua superfície lixada apresenta o melhor resultado em relação as demais fabricadas, pois retira da superfície pequenas rugas que causariam perdas da antena por capacitâncias parasitas.

5. Conclusões

O uso da tecnologia de impressão 3D no processo de fabricação de antenas é um campo promissor para fins comerciais e acadêmicos. Este trabalho mostrou novos método para projetar e fabricar essas antenas sem a necessidade de equipamentos adicionais para depositar o adesivo no substrato devido ao uso de moldes para o adesivo condutor que são feitos no mesmo substrato impresso usando a tecnologia FDM. O método alcança um custo mais baixo e prototipagem rápida, pois requer apenas uma impressora 3D de baixo custo para todo o processo. As antenas de patch para a faixa de frequência de 2,45 GHz usando substratos ABS e dois tipos de material condutor: tinta condutora de prata e adesivo de cobre, e com acabamentos superficiais, foram projetados e fabricados como prova de conceito para testes. Resultados experimentais comparados com simulações foram fornecidos e apresentaram valores próximos das medidas de reflexão, mostrando a eficiência do método. A nova técnica usando moldes também pode ser adaptada para fabricar outros dispositivos de RF com estruturas mais complexas.

Referências

Ahmadloo, M., & Mousavi, P. (2013) A novel integrated dielectric-and-conductive ink 3D printing technique for fabrication of microwave devices. *International Microwave Symposium Digest,* (pp. 1-3). Seattle, WA. doi: 10.1109/MWSYM.2013.6697669.

Heirons, J., Jun, S., Shastri, A., Sanz-Izquierdo, B., Bird, D., Wincheste, L., Evans, L., & McClelland A. (2017). Inkjet printed GPS antenna on a 3D printed substrate using low-cost machines. *2016 Loughborough Antennas & Propagation Conference* (LAPC), (pp. 1-4), Loughborough, UK. doi: 10.1109/LAPC.2016.7807590.

Isakov, D.V., Lei, Q., Castles, F., Stevens, C.J., Grovenor, C.R.M., & Grant, P.S. 3D printed anisotropic dielectric composite with meta-material features. *ELSEVIER*, 93(1), 423-430. doi: 10.1016/j.matdes.2015.12.176.

Islam, M. M., Hasan, R. R., Rahman, M. M., Islam, K. S., Al-Amin, S. M. Design & Analysis of Microstrip Patch Antenna Using Different Dielectric Materials for WiMAX Communication System. *International Journal of Recent Contributions from Engineering, Science & IT* (iJES), 4(1), 19-24. doi: 10.3991/ijes.v4i1.5569.

Luukkonen, O., Maslovski, S.I., & Tretyakov, S.A. (2011). A stepwise Nicolson-Ross-Weir-based material parameter extraction method. 10, IEEE *Antennas and Wireless Propagation Letters*, 10, 1295-1298. doi: 10.1109/LAWP.2011.2175897.

Jun, S., Elibiary, A., Sanz-Izquierdo, B., Winchester, L., Bird, D., & McCleland, A. (2018). 3D Printing of Conformal Antennas for Diversity Wrist Worn Applications. IEEE *Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*, 8(12), 2227-2235. doi: 10.1109/TCPMT.2018.2874424.

Jun, S.Y., Sanz-Izquierdo, B., Parker, E.A., Bird, D., & McClelland, A. (2017). Manufacturing Considerations in the 3-D Printing of Fractal Antennas. IEEE *Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*, 7(11), 1891-1898. doi: 10.1109/TCPMT.2017.2730366.

Kim, O.S. (2013) 3D printing electrically small spherical antennas *IEEE Antennas and Propagation Society*. *AP-S International Symposium* (Digest), (pp. 776-777). Orlando, FL, USA. doi: 10.1109/APS.2013.6711047.

Kim, O.S. (2014). Rapid prototyping of electrically small spherical wire antennas. IEEE *Transactions on Antennas and Propagation*, 62(7), 3839-3842. doi: 10.1109/TAP.2014.2317489.

Mirzaee, M., & Noghanian, S. (2016). High frequency characterisation of wood-fill PLA for antenna additive manufacturing application. *Electronics Letters*, 52(20), 1656-1658. doi: 10.1049/el.2016.2505.

Nassar, I.T., & Weller, T.M. (2012). Development of novel 3-D cube antennas for compact wireless sensor nodes. IEEE *Transactions on Antennas and Propagation*, 60(2), 1059-1065. doi: 10.1109/TAP.2011.2173121.

Pollák, M., Török, J., Zajac, J., Kočiško, M., & Telišková, M. (2018). The Structural Design of 3D Print Head and Execution of Printing via the Robotic Arm ABB IRB 140. *In Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*, (pp. 194-198). Singapore, SIN. doi: 10.1109/IEA.2018.8387095.

Robb, G. (2018). Assemble Antennas with 3D Printing. *Microwaves & RF*, 1-5. Retrieved from: https://cdn.baseplatform.io/files/base/ebm/mwrf/document/2019/03/mwrf_9643_1018_30p_pdflayout.pdf.

Sanz-Izquierdo, B., & Parker, E.A. (2014). 3-D printing of elements in frequency selective arrays. IEEE *Transactions on Antennas and Propagation*, 62(12), 6060-6066. doi: 10.1109/TAP.2014.2359470.

Savini, A., & Savini, G.G. (2015). A short history of 3D printing, a technological revolution just started. *International History of High-Technologies and their Socio-Cultural Contexts Conference* (HISTELCON), (pp. 1-8). Tel-Aviv, Israel. doi: 10.1109/HISTELCON.2015.7307314.

Silva, R.A.O., Dias, M.H.C., & Santos, J.C.A. (2017). Análise das principais técnicas de alargamento de banda em antenas de microfita com plano de terra contínuo. *Revista Militar de Ciência e Tecnologia*, 34(1),45-50. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/325396054.

Surange, V. G., & Gharat, P. (2016). 3D Printing Process Using Fused Deposition Modelling (FDM). *International Research Journal of Engineering and Technology,* 3(3), 1403- 1406. doi: https://mail.irjet.net/archives/V3/i3/IRJET-V3I3295.pdf.

Yu, X., Liang, M., Shemelya, C., Roberson, D.A., Wicker, R., MacDonald, E., & Xin H. (2018) 3-D Printed Parts for a Multilayer Phased Array Antenna System IEEE *Antennas and Wireless Propagation Letters*, 17(11), 2150-2154. doi: 10.1109/LAWP.2018.2873116.

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

Recebido/Submission: 02/12/2019
Aceitação/Acceptance: 10/02/2020

A problemática da reinserção socioprofissional dos ex-militares contratados das Forças Armadas Portuguesas: análise crítica e formas de intervenção

Paulo Jorge da Conceição Lopes[1], Lúcio Agostinho Barreiros dos Santos[2]

Conceicao.lopes@marinha.pt, labs0892@gmail.com

[1] Marinha Portuguesas e Instituto Universitário Militar, Lisboa, 1400-287, Lisboa, Portugal.

[2] Instituto Universitário Militar e Universidade Lusíada, Lisboa, 1600-302, Lisboa, Portugal.

Pages: 432–450

Resumo: Este artigo tem como objetivo diagnosticar os principais problemas do modelo de reinserção socioprofissional dos militares contratados das Forças Armadas Portuguesas que deixam as fileiras e produzir recomendações de ordem prática que permitam tornar o modelo mais eficaz e bem-sucedido. Após uma revisão normativa e teórica procede-se a um diagnóstico e uma procura de soluções para os principais problemas. É utilizada uma estratégia de investigação mista, sobre um estudo de caso, e uma pesquisa no contexto da descoberta, recorrendo-se a um raciocínio de tipo indutivo e, simultaneamente, abdutivo. Na recolha e tratamento de dados é utilizado um *corpus* normativo específico e inquéritos por entrevista e por questionário, respetivamente objeto de análise documental, estatística e de conteúdo. Recorre-se ainda à avaliação de experiências de dois países. Os resultados materializam a geração de medidas concretas, estruturantes e gestionárias, para tornar o modelo mais coerente na sua estruturação e mais eficaz na operacionalização.

Palavras-chave: empregabilidade; modelo; regime de contrato; reinserção socioprofissional; serviço militar.

The problem of the socio-professional reintegration of the former military contracted of the Portuguese Armed Forces: critical analysis and forms of intervention

Abstract: This article aims to diagnose the main problems of the socio-professional reintegration model of the military contracted of the Portuguese Armed Forces who leave the ranks, and to produce practical recommendations that allow to make the model more effective and successful. After a normative and theoretical review, a diagnosis and a search for solutions for the main problems are developed. A mixed research strategy was used, and both case study and context research was carried out, using an inductive and simultaneously abductive reasoning. During data collection and processing, a related normative corpus was used, and interview and questionnaire surveys were carried out, respectively, for document, statistical

and content analysis, together with the evaluation of two countries experiences. The results materialize the generation of concrete, structuring and management measures, to make the model more coherent in its structuring and more effective in its operationalization.

Keywords: employability; model; socio-professional reintegration; military contracted; military service.

1. Introdução

O fim do Serviço Militar Obrigatório (SMO), em 2004, e o processo de profissionalização das Forças Armadas (FFAA) portuguesas conduziram à necessidade de contratar diretamente no mercado de trabalho (MT), em competição com outras organizações que proporcionam opções diferentes e quase sempre mais atrativas. Neste estudo, o percurso militar dos jovens nas FFAA é sintetizado a partir de três dimensões: **recrutamento** para o regime de contrato (RC), **retenção** nas fileiras e, findo o vínculo contratual, **reinserção** no MT.

Na sequência da aprovação da Lei do Serviço Militar (LSM) em 1999 (Lei n.º 174/1999, de 21 de setembro), o quadro normativo da profissionalização das FFAA foi densificado, destacando-se o Regulamento de Incentivos à prestação do serviço militar (Decreto-Lei n.º 320-A/2000 de 15 de dezembro), cuja atual versão data de 2018 (Decreto-Lei n.º 76/2018 de 11 de outubro) e na qual se prevê um conjunto de benefícios para quem opte pelo regime de contrato, ao mesmo tempo que compromete o Estado e as FFAA. Apesar da densificação normativa, as medidas adotadas têm-se revelado exíguas para satisfação das necessidades das FFAA, expresso no escasso número de jovens que ingressam nas fileiras e que nelas permanecem por um período razoável. Na sequência desta dificuldade, têm sido desenvolvidos vários estudos, a cargo do Ministério da Defesa Nacional (MDN), dos ramos das FFAA e de investigadores autónomos, destacando-se um mais recente e de maior abrangência, dirigido pelo MDN, onde se identificam vários problemas com influência na sustentabilidade do modelo de profissionalização (DGRDN, 2019a).

Não obstante os vários estudos com vista à identificação de estratégias de mitigação para a falta de militares, verifica-se que, das três dimensões referidas, a "**reinserção socioprofissional**" é a menos investigada. Esta lacuna é notada por outros autores, quando consideram que se sabe muito pouco sobre os percursos dos militares contratados após deixarem as Forças Armadas, especialmente sobre "[...] o significado e efeitos da experiência militar no seu curso de vida" (Carreiras, 2018, p. xxix). Há, por outro lado, indicadores que mostram que esta é uma questão que ultrapassa em muito a mera intervenção das FFAA: "[...] os ex-militares (...) constituem uma fração significativa dos beneficiários do subsídio de desemprego (3,9% em 2017)"; e "[...] a duração média dos processos de desemprego pós-RC foi de dois anos e quatro meses em 2016" (DGRDN, 2017, p. 6), o que traduz uma ligação tardia ao mercado de trabalho após a saída.

O estudo da reinserção socioprofissional, **objeto desta investigação**, justifica-se pelas dificuldades nesta área e pelo seu impacto, direto ou indireto, nas outras duas dimensões, o "recrutamento" e a "retenção", e foca-se numa perspetiva de diagnóstico e soluções. O **objetivo** do estudo passa, por isso, por "diagnosticar os principais problemas relativos à reinserção socioprofissional dos ex-militares contratados das FFAA portuguesas e

elaborar recomendações de ordem prática que permitam tornar o atual processo mais eficaz e bem-sucedido".

A recolha de dados apoiou-se num *corpus* documental específico (nacional e também de Espanha e França) e em dados empíricos obtidos de inquéritos por entrevista e questionário junto de especialistas militares e civis e de militares contratados, como adiante se explicita. O material recolhido foi tratado estatisticamente e por análise de conteúdo (Guerra, 2006).

O artigo está estruturado em cinco secções. Depois da introdução, na segunda secção é apresentado o referencial teórico do objeto de estudo, a análise do quadro normativo da reinserção dos militares contratados das FFAA portuguesas, bem como o modelo de análise da investigação. Na terceira secção expõe-se a metodologia e o método e na quarta apresentam-se os dados e discutem-se os resultados da pesquisa, em relação aos processos de reinserção adotados em Portugal, Espanha e França e avaliadas oportunidades de melhoria do atual modelo de reinserção português. Na quinta e última secção conclui-se, revisitando o processo metodológico e os principais resultados, reflete-se sobre os contributos para o conhecimento e sobre as limitações e sugerem-se futuras investigações.

2. Referencial teórico da investigação

Nesta secção apresenta-se uma análise documental do enquadramento normativo que estrutura a prestação do serviço militar contratado em Portugal e, numa perspetiva aplicada, uma breve revisão teórica em torno do tópico de investigação. Por fim, apresenta-se o modelo de análise.

2.1. Enquadramento normativo e teórico

O serviço militar em Portugal, em tempo de paz, baseia-se exclusivamente no voluntariado, sendo o regime de contrato uma das situações previstas na Lei, a que corresponde a "[...] prestação de serviço militar voluntário por parte dos cidadãos durante um período de tempo limitado, com vista à satisfação das necessidades das Forças Armadas ou ao seu eventual ingresso nos quadros permanentes" (Lei n.º 174/1999, de 21 de setembro).

Como dispõe a Lei do Serviço Militar (Lei n.º 174/1999, de 21 de setembro), o **serviço militar** tem como um dos objetivos "[...] a valorização cívica, cultural, profissional e física dos cidadãos". Neste âmbito, foi definido um **regime de incentivos** à prestação do serviço militar em regime de contrato (Decreto-Lei n.º 320-A/2000 de 15 de dezembro; Decreto-Lei n.º 76/2018 de 11 de outubro), que constitui a principal referência no apoio à profissionalização das FFAA, repartidos por quatro áreas de atuação e com vários benefícios para os jovens que ingressem nas fileiras: (1) obtenção de qualificações escolares e profissionais; (2) apoios financeiros e materiais; (3) inserção no mercado de trabalho; e (4) apoios sociais e familiares. Mas o apoio à transição para a vida civil dos militares contratados mantém-se após a saída (e.g., apoio à criação do próprio emprego; apoio à contratação de ex-militares; criação de programas *ad hoc* que privilegiam o ingresso nos Quadros Permanentes das FFAA, forças de segurança, órgãos de polícia e corpos profissionais ou mistos de bombeiros) (Decreto-Lei n.º 76/2018, de 11 de outubro).

Do enquadramento teórico, em linha com o quadro normativo de referência do serviço militar contratado em Portugal, foram selecionados alguns conceitos estruturantes, nomeadamente: (re)inserção socioprofissional, empregabilidade, Sistema Nacional de Qualificações (SNQ), carreira profissional e *outplacement*. A **inserção socioprofissional** constitui o conceito central do estudo, podendo ser definido como a entrada dos jovens na vida ativa, que engloba um conjunto de mecanismos de formação e integração que permite a saída do sistema de educação/formação para desempenhar uma atividade profissional dentro do sistema de emprego (Frazão, 2004, p. 90). Em contexto militar, a **reinserção** constitui uma das fases ou dimensões da passagem do cidadão pelas FFAA (a par do recrutamento e da retenção), e refere-se à "[...] transição para a vida civil, após a saída da organização militar e o seu ingresso ou reingresso no mercado de trabalho, assumindo, por isso, uma perspetiva marcadamente socioprofissional" (Santos, & Sarmento, 2019), sobre o que o Estado Português partilha normativamente corresponsabilidades com as FFAA (*e.g.*, Lei n.º 174/1999, de 21 de setembro; Decreto-Lei n.º 320-A/2000 de 15 de dezembro; Decreto-Lei n.º 76/2018 de 11 de outubro).

O conceito de **empregabilidade** pode ser definido como a "[...] capacidade relativa de que um indivíduo dispõe para obter um emprego que o satisfaça tendo em conta a interação entre as suas caraterísticas pessoais e o mercado de trabalho" (Gazier, cit. por Almeida, 2007, p. 53). Essa capacidade individual pode referir-se a "[...] habilitações escolares e qualificações profissionais e (...) competências de natureza diversa, (...) sociais, comportamentais, de resolução de problemas e de adaptação a novas situações" (McQuaid, & Lindsay, 2005, p. 208). Estas duas definições, que contrapõem as competências individuais com as caraterísticas do mercado de trabalho, não chegam para concetualizar o que se pretende significar com o conceito aplicado ao contexto militar, pelo que se acrescenta a participação organizacional na "construção" da dinâmica da empregabilidade, já assinalada como responsabilidade partilhada entre o Estado e as FFAA. Daí a preocupação de o processo de reinserção dos ex-militares contratados estar alinhado, em termos de qualificações e competências, com o SNQ, essencial para o reconhecimento da formação e da experiência profissional proporcionadas pelas FFAA.

Pela sua relevância no processo de reinserção, o **Sistema Nacional de Qualificações**, bem como o Quadro Nacional de Qualificações (QNQ) e o Catálogo Nacional de Qualificações (CNQ), que dele decorrem, são instrumentos estruturantes para uma adequada inserção ou reinserção profissional dos ex-militares contratados, na medida em que se constituem como referências para classificar todas as qualificações produzidas no âmbito do sistema educativo e formativo nacional, independentemente da via de acesso (Agência Nacional para a Qualificação e Ensino Profissional, 2014). O QNQ está articulado com o Quadro Europeu de Qualificações (QEQ), adotando os mesmos níveis de qualificação, o que permite a equivalência e a comparabilidade entre diferentes países. A pesquisa permitiu perceber que a operacionalização do atual modelo de reinserção dos militares contratados, não obstante o envolvimento do MDN e dos ramos das FFAA, revela, neste âmbito, lacunas importantes que importa colmatar de forma a projetar uma imagem das FFAA como Instituição promotora de valores e de empregabilidade dos jovens.

Uma outra conceção estruturante do estudo, a **carreira profissional**, pode ser definida como uma sequência de atitudes e comportamentos, percebida individualmente, e que

está associada a diversas experiências e atividades relativas ao trabalho durante a vida (Hall, 2002). O conceito, assim apresentado, envolve um dinamismo em relação ao mercado de trabalho que está para além dos limites organizacionais, admitindo-se um balanceamento de necessidades, objetivos e decisões entre o indivíduo e a organização, o que equivale a dizer que o ponto de equilíbrio estará algures entre uma conceção de carreira tipicamente organizacional e uma aproximação à matriz *proteana* (Baruch, 2004; Hall, 2002; Martins, 2010). A passagem do cidadão pelas fileiras das FFAA em regime de contrato materializa a confrontação destas duas conceções, corporizando a carreira militar, no essencial, uma **conceção organizacional**, dado que as principais variáveis são geridas pela organização militar: "[...] conjunto hierarquizado de postos, desenvolvida por categorias, que se concretiza em quadros especiais e a que corresponde o desempenho de cargos e o exercício de funções diferenciadas entre si" (Decreto-Lei n.º 90/2015, art.º 27.º). A revisão efetuada sugere que, no caso dos militares contratados, esta conceção precisa de ser "amenizada" com a introdução de elementos da **conceção *proteana***, de modo que o cidadão que ingressa nas FFAA mantenha abertas opções profissionais internas e externas, como decorre do disposto no atual enquadramento legal (Lei n.º 174/1999, de 21 de setembro; Decreto-Lei n.º 76/2018 de 11 de outubro), que define a forma como o Estado deve incentivar o serviço militar e apoiar a inserção dos cidadãos na vida ativa civil.

A relevância do conceito de ***outplacement*** decorre da responsabilidade atribuída ao Estado na reinserção socioprofissional. O conceito traduz uma prática de gestão de recursos humanos e pode ser definido como um "[...] processo de apoio à transição de emprego e/ou carreira, que consiste em pôr em marcha um conjunto de ferramentas que auxiliam o ex-trabalhador a tratar da sua recolocação no mercado de trabalho" (Parente, & Rocha, 2017, p. 591). No âmbito do processo da transição, o conceito revela a corresponsabilidade que é atribuída ao militar na preparação da sua transição para a vida civil e, simultaneamente, ao Estado (através do MDN e das FFAA), a quem cabe apoiar e orientar a transição. Sem prejuízo de eventual subcontratação, este papel cabe, em ligação com os ramos das FFAA, a um órgão criado para o efeito, o Centro de Informação e Orientação para a Formação e Emprego (CIOFE), integrado no MDN, constituindo a referência principal na reconversão e reinserção dos ex-militares (CIOFE, 2019).

Embora não sendo um conceito estruturante da investigação, importa abordar a conceção de ***benchmarking***, por estar ligada ao processo de recolha e análise de dados sobre os casos espanhol e francês. Foi adotado, para o estudo, a aproximação de Pieske (1994), cit. por Nazarko (2009), em que o conceito é definido como "[...] *a method of searching for model solutions to gain the best results by learning from others and benefiting from their experience*" (p. 498).

Além da concetualização apresentada, importa fazer uma breve revisão do estudo conduzido pelo MDN, referenciado na introdução deste artigo. Não obstante outros estudos elaborados nos últimos três anos, designadamente em projetos de investigação no Instituto Universitário Militar (IUM), onde foi abordada a questão da reinserção, considera-se que este estudo, da Direção-Geral de Recursos de Defesa Nacional (DGRDN), pela sua abrangência e cobertura (cerca de 70% do efetivo de militares contratados), concentra o essencial do estado da arte a nível nacional (DGRDN, 2019a). Desenvolvido durante 2016 e 2017, o estudo faz a caraterização sociodemográfica e de

satisfação organizacional dos militares contratados dos três ramos das FFAA e procede a um **diagnóstico** exaustivo, identificando os pontos fortes e os principais problemas nas várias dimensões do percurso do cidadão nas fileiras das FFAA – recrutamento, retenção e reinserção –, com implicações na sustentabilidade do modelo de profissionalização.

Do **diagnóstico** destacam-se alguns aspetos com implicações no processo de reinserção socioprofissional e que justificam intervenção: (1) reduzido conhecimento sobre os incentivos, antes e após ingresso nas FFAA; (2) elevada percentagem de militares insatisfeitos com a aplicação dos incentivos; (3) reduzida oferta de formação profissional certificada e insatisfação com a formação profissional proporcionada pelas FFAA; e (4) insatisfação com as oportunidades de desenvolvimento profissional viabilizadas pelas FFAA (DGRDN, 2019b).

Como indicadores que projetam o futuro após saída das FFAA, relevam-se: (1) o ingresso nos QP das FFAA: Marinha (35,1%); Exército (9,6%); Força Aérea (29,9%); (2) o ingresso nas Forças de Segurança: Marinha (15,2%); Exército (25,8%); Força Aérea (16,3%); e (3) o ingresso numa empresa privada: Marinha (12,5%); Exército (12,3%); Força Aérea (15,9%) (Ibidem, pp. 14).

Os grandes **desafios** relativos ao processo de reinserção, inscritos no estudo, são sintetizados em três tópicos: (1) reforma estrutural da formação profissional, tendo em vista o alinhamento com o SNQ; (2) reforço da eficácia dos processos de reinserção, após o serviço militar; e (3) maximização do funcionamento (aplicação) do regime de incentivos (DGRDN, 2019a, p. 17).

No sentido da valorização da profissão militar, estes desafios foram depois corporizados num "Plano de Ação" para a profissionalização, apresentado publicamente em março de 2019, o qual se baseia em **três eixos estratégicos** – recrutar, reter e reinserir –, a que se acrescentou outro, de suporte/informação. Para cada eixo foram definidas várias áreas de intervenção, a que correspondem medidas concretas, metas e indicadores de monitorização, estando ainda envolvidas entidades e prazos de execução. Das áreas de intervenção definidas, com implicação, direta ou indireta, no processo de reinserção socioprofissional sublinham-se (DGRDN, 2019b):

- Eixo A – Recrutar: "Comunicação do Serviço Militar";
- Eixo B – Reter: "Formação, Qualificação e Gestão do Percurso Profissional";
- Eixo C – Reinserir: (1) "Apoio à Transição"; e (2) "Implementação e Funcionamento do Regulamento de Incentivos";
- Eixo D – de Suporte: "Sistema de Informação da Profissionalização" – é transversal aos três eixos estratégicos e tem influência no processo de reinserção dos ex-militares.

Das **metas** inscritas no Plano de Ação, com implicações no processo de reinserção, destacam-se: (1) aumentar o conhecimento sobre os incentivos, antes e depois do ingresso nas fileiras; (2) alinhar a formação profissional ministrada nas FFAA com o SNQ e incrementar as qualificações escolares e profissionais dos militares; (3) criar programas de consolidação e reconversão profissional, utilizando acordos interministeriais, de forma a aumentar a empregabilidade; (4) articular melhor as responsabilidades do MDN e dos ramos e harmonizar procedimentos na aplicação dos incentivos; (5) implementar

a figura do gestor de carreira; (6) aumentar a rede de protocolos de reinserção; e (7) implementar o Observatório do Serviço Militar (DGRDN, 2019b).

2.3. Modelo de análise

Na Figura 1 apresenta-se o modelo de análise da investigação, de onde se destacam os principais conceitos, dimensões e indicadores. À reinserção socioprofissional dos militares contratados, elemento central do estudo, associam-se vários conceitos estruturantes, previamente definidos, os quais são avaliados a partir das dimensões inscritas no modelo de análise, correspondendo, por sua vez, a determinados indicadores que operacionalizam as dimensões.

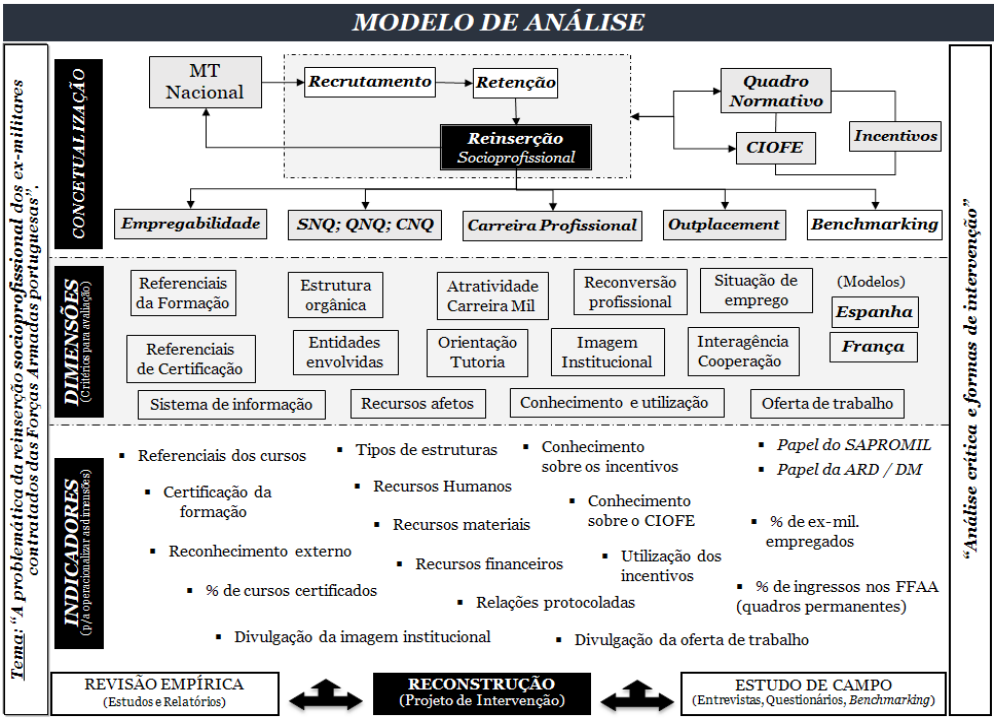


Figura 1 – Modelo de Análise

Os elementos do modelo constituem, no essencial, categorias *a priori* (de diferentes níveis de integração concetual), previamente selecionadas para a recolha e o tratamento de dados.

3. Metodologia e método

Nesta secção apresenta-se a metodologia e o método, aludindo aos participantes, ao procedimento, aos instrumentos de recolha e às técnicas de tratamento de dados.

3.1. Metodologia

Face ao objeto de estudo e ao objetivo da investigação, é assumida uma investigação de natureza aplicada, visando desenvolver uma utilização prática de novos conhecimentos (Santos, & Lima, 2019). Metodologicamente, o estudo apoia-se numa estratégia de investigação mista, embora com maior pendor qualitativo dada a necessidade de obter uma compreensão aprofundada do fenómeno em estudo, sendo assim possível avaliar melhor a "qualidade" e os "significados", mais difíceis de observar de outra forma (Bryman, 2012; Denzin, & Lincoln, 2013).

Optou-se por um desenho de pesquisa do tipo estudo de caso, de horizonte temporal transversal (Bryman, 2012; Saunders et al., 2009; Yin 2014) e foi utilizada uma pesquisa no contexto da prova e da descoberta (Guerra, 2006), tendo-se recorrido sobretudo a um raciocínio indutivo (Carvalho, 2009), embora sem excluir a necessária abdução para o balanceamento entre a factualidade dos dados e a especulação, materializado em iterações sucessivas (Santos, & Lima, 2019). Esta combinação permitiu analisar os dados empíricos com categorias *a priori* (do modelo de análise), deixando abertura para uma categorização emergente (Bardin, 2008).

Dadas as opções metodológicas e a natureza do fenómeno em estudo, os investigadores optaram por um posicionamento ontológico construtivista (Bryman, 2012; Creswell, 2013; Denzin, & Lincoln, 2013) e procuraram assumir, durante o processo de investigação, uma "postura de não influência" (Flick, 2005). Porque o estudo trata de um objeto social, instituições e pessoas, para capturar o significado da ação dos atores assumiu-se uma postura epistemológica (relativa ao processo de produção do conhecimento) interpretativista, como descrito por Bryman (2012).

3.2. Método

Procedimento geral

Iniciou-se o estudo com um diagnóstico, concretizado a partir da caraterização normativa do modelo em vigor (estruturação) e estado de implementação, associando-se uma breve revisão teórica e empírica. Após análise do material recolhido por entrevista e questionário, em Portugal e em Espanha e França, procedeu-se a uma discussão integrada dos resultados, culminando na identificação de ações concretas de melhoria da reinserção em relação ao caso português.

Instrumentação e Amostragem

Para além da análise documental dos diplomas legais que estruturam a prestação do serviço militar contratado em Portugal, foi utilizado o inquérito por entrevista e por questionário. Do *corpus* documental, destaca-se o estatuto de carreira (Decreto-Lei n.º 90/2015, de 29 de maio) e os normativos que regulam mais diretamente a questão dos incentivos e da transição dos ex-militares (Lei n.º 174/1999, de 21 de setembro; Decreto-Lei n.º 75/2018, de 11 de outubro; Decreto-Lei n.º 320-A/2000, de 15 de dezembro; Decreto-Lei n.º 76/2018 de 11 de outubro).

O guião da entrevista, semiestruturada (Sarmento 2013, p. 34), com 11 questões, permitiu obter informação sobre a aplicação dos incentivos relativos ao processo de reinserção

dos militares contratados em três áreas: (1) dificuldades e recursos disponíveis; (2) formação e qualificação profissional; e (3) propostas de melhoria na reinserção. Foram realizadas nove entrevistas a especialistas militares e civis: responsáveis pela formação e gestão de recursos humanos dos ramos das FFAA; diretor do CIOFE; e presidente da Associação de Praças.

O inquérito por questionário, desenvolvido na plataforma *Limesurvey*, cujo *link* foi enviado aos potenciais participantes (militares e ex-militares contratados), foi estruturado em 26 perguntas, fechadas e abertas, em três blocos: (1) conhecimento sobre o regime de incentivos; (2) utilização de apoios, programas e oferta protocolada para formação, qualificação profissional e promoção do emprego; e (3) perceção da passagem pelas FFAA e sugestões para melhorar a inserção profissional. O questionário foi aplicado através da rede de contactos da Associação de Praças e do CIOFE. Os dados foram exportados para uma base de dados em Excel, para tratamento.

A recolha de informação sobre processos de reinserção similares, em Espanha e França, foi feita através do Estado-Maior-General das Forças Armadas português e respetivos Adidos de Defesa.

Tratamento dos dados documentais e empíricos

O *corpus* normativo nacional foi objeto de análise documental, integrado com a revisão teórica. O material empírico recolhido por entrevista e por questionário junto de entidades nacionais foi alvo de análise estatística e de conteúdo de tipo categorial (Guerra, 2006; Bardin, 2008). O material documental e empírico obtido de Espanha e França teve tratamento similar na análise.

4. Apresentação dos dados e discussão dos resultados

Nesta secção apresentam-se os dados e discutem-se os resultados do estudo decorrentes do material documental e empírico obtido sobre o caso português e os modelos espanhol e francês. A posterior discussão integrada sintetiza a experiência e conhecimento dos participantes, em termos de diagnóstico e de soluções propostas sobre o processo de reinserção socioprofissional.

4.1. Reinserção socioprofissional dos militares contratados – o caso português

Análise documental complementar

Os normativos em vigor, embora não constituam um modelo formal, representam uma estrutura legal, humana e material, a que se associam processos, procedimentos e corresponsabilidades distribuídas por vários órgãos do MDN e das FFAA. Normativamente, o apoio à reinserção é centralizado no CIOFE, embora esteja prevista a articulação com os gabinetes de orientação dos ramos das FFAA. Da análise efetuada não se percebe como está a chegar a informação aos militares contratados, nem exatamente qual o seu resultado.

Nesta revisão deu-se particular ênfase ao diploma dos incentivos aprovado em 2018 (Decreto-Lei n.º76/2018, de 18 de outubro), o qual visa potenciar a oferta militar e promover uma transição eficaz dos jovens após a conclusão do percurso profissional nas FFAA. Este diploma alicerça as bases em duas áreas essenciais da reinserção: (1) o apoio à obtenção de qualificações escolares e profissionais; e (2) o apoio à inserção no MT. Em relação à primeira área, estabelece que a formação ministrada em contexto militar deve servir o propósito das FFAA e ser instrumental na inserção no MT e na empregabilidade, devendo o sistema de formação alinhar os referenciais de formação e qualificação profissional com o CNQ. Apesar do esforço dos ramos das FFAA neste ajustamento, o diagnóstico espelha ainda uma grande fragilidade neste âmbito.

Em relação ao apoio à inserção no MT, o diploma prevê um conjunto de medidas para flexibilizar o acesso a áreas profissionais da administração pública (e.g., forças policiais e de segurança e bombeiros), a centros de ensino e formação profissional e ao ensino superior. Não foram encontradas linhas de comunicação e articulação com organismos externos à Defesa (e.g., tutela do Trabalho e Segurança Social), admitindo-se dificuldades na aplicação dos incentivos.

Análise das Entrevistas

O inquérito por entrevista constituiu a primeira fase do trabalho de campo, cujo objetivo era perceber como está a decorrer a reinserção, que recursos estão disponíveis, que dificuldades existem e que medidas podem melhorar o processo. Os nove especialistas entrevistados foram agregados em cinco grupos: CIOFE (1), Marinha (2), Exército (2), Força Aérea (3) e Associação de Praças (1). As 11 perguntas do guião foram agrupadas em três blocos: Bloco 1 – Regime de Incentivos; Bloco 2 – Formação; e Bloco 3 – Sugestões. À Associação de Praças foram colocadas apenas questões relativas ao Bloco 3. Decorrente da análise de conteúdo, às categorias *a priori*, inscritas no modelo de análise, acrescentaram-se categorias emergentes. O exercício de categorização, de cada pergunta, foi concretizado nos seguintes níveis: categorias, subcategorias, unidades de registo e unidades de contexto (Bardin, 2008; Sarmento, 2013). Por motivos de espaço, apenas se apresenta neste artigo uma súmula dos resultados obtidos (Tabela 1).

Principais resultados da análise	**%**
Bloco 1 – Regime de Incentivos (perguntas de 1 a 5)	
(1) A formação nas FFAA, pelas suas caraterísticas, torna difícil uma qualificação profissional certificada.	100%
(2) Há necessidade de criar, durante o contrato, um completamento da escolaridade e qualificação profissional.	100%
(3) Os recursos parcos disponíveis, em particular os humanos, condicionam a resposta dos ramos.	50%
(4) O desconhecimento sobre os incentivos por parte de militares contratados e entidades envolvidas remete para dificuldades na sua utilização e na interação externa para a certificação da formação.	25%
Bloco 2 – Formação (perguntas de 6 a 9)	
(1) É reconhecido que há ainda muito a ser feito para certificar a formação ministrada nas FFAA.	100%
(2) O sistema de formação das FFAA deve preparar os militares contratados para a transição.	100%

(3) Há dificuldade em alinhar os referenciais formativos das FFAA com o SNQ e o CNQ.	50%
(4) A formalização de protocolos com empresas poderá facilitar a reinserção socioprofissional.	50%
(5) A criação de tutores pode ajudar a motivar e a desenvolver o percurso formativo dos jovens contratados.	25%
Bloco 3 – Sugestões (perguntas 10 e 11)	
(1) Promover a celebração de protocolos e divulgar as valências dos militares como futuros funcionários.	100%
(2) Alinhar os conteúdos da formação profissional militar com o SNQ e o CNQ com vista à sua certificação.	60%
(3) Melhorar a imagem institucional, essencial ao processo de reinserção, sugerindo-se ações nos meios de comunicação social e redes sociais, nas escolas e certames públicos de grande visibilidade.	50%
(4) Criar programas de reconversão profissional, sendo que a Associação de Praças sugere que o desenvolvimento de tais programas seja realizado fora do período de contrato.	50%

Tabela 1 – Análise das entrevistas

Análise dos Questionários

O inquérito por questionário constituiu a segunda fase do trabalho de campo. Foram registados 270 acessos. A estratificação da amostra por género, idade, categoria profissional e ramo das FFAA não resultou globalmente em resultados muito diferenciados.

Bloco I – Regime de incentivos (perguntas 1 a 19; taxa de respostas: 61,5% (166 em 270))

Da análise ao Bloco I conclui-se que existe um reduzido conhecimento sobre os incentivos, o que condiciona a sua utilização e a perceção da respetiva utilidade. Estas lacunas aconselham um reforço de campanhas de divulgação (e.g., sessões presenciais; sites do CIOFE e das FFAA).

Grau de conhecimento. Apenas 34,9% dos respondentes conhece o Regime de Incentivos. Os incentivos mais conhecidos são: (1) estatuto do trabalhador-estudante; (2) acesso ao ensino superior; (3) subsídio de propinas; (4) acesso a emprego público; e (5) vagas para os quadros permanentes das FFAA. Alguns apoios menos conhecidos são: direito a 50h/ano de formação; rede protocolada para a formação; acesso ao mapa de pessoal civil das FFAA; abate à idade cronológica nos concursos; acesso à rede de educação pré-escolar (para descendentes).

Grau de utilização. Apenas 34,3% dos participantes utilizou/vai utilizar apoios disponibilizados pelo *Regime de Incentivos* na transição para o mercado de trabalho. Os apoios com maior interesse são: (1) acesso a emprego público; e (2) acesso a subsídio de propinas.

Utilidade dos apoios. Só 34,9% dos inquiridos considera os incentivos úteis. Os mais úteis são: (1) acesso ao ensino superior; (2) subsídio de propinas; e (3) acesso a emprego público.

Bloco II – Formação (perguntas 20 a 22; taxa de respostas de 49,6% (134 em 270))

Da análise global sublinham-se os aspetos mais importantes e/ou críticos (Figura 2).

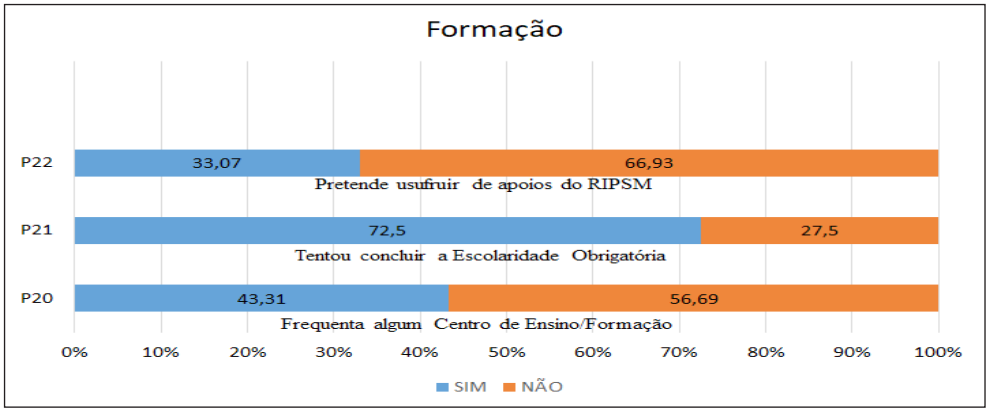


Figura 2 – Bloco II: Formação

Bloco III – Perceção da passagem pelas FFAA e sugestões de melhoria (perguntas 23 a 26, todas abertas; taxa de respostas de 38,5% (104 em 270))

Os respondentes valorizam como **aspetos mais positivos** da sua passagem pelas FFAA: a camaradagem, as amizades, a disciplina, o respeito, os valores, a responsabilidade, a experiência e a aprendizagem. Consideram **aspetos negativos**: a inexistência de quadros permanentes para praças no Exército e na Força Aérea; o reduzido vencimento *versus* as horas de trabalho e a disponibilidade exigida; as reduzidas oportunidades de qualificação profissional; a acumulação de funções e as escalas de serviço; o desempenho de tarefas fora da sua área de formação; a curta duração dos contratos; e a falta de apoio direto na reinserção.

4.2. Experiências de outros países – Espanha e França

Em nexo com o conceito de *benchmarking*, elegeram-se a Espanha e a França como casos complementares de estudo, pela proximidade cultural e maior experiência acumulada no processo de profissionalização e na transição dos militares contratados para a vida civil.

Espanha

A Espanha conta, desde 2013, com um órgão oficial para apoiar a transição dos militares contratados ("regime de serviço de caráter temporário") para a vida civil, o *Sistema de Aprovechamiento de Capacidades Profesionales del Personal Militar (SAPROMIL)*. Na dependência da *Direccion General de Reclutamiento y Enseñanza Militar* do Ministério de Defesa de Espanha (Subdiretoria de Recrutamento e Aconselhamento de Trabalho), este organismo tem como atribuições promover a formação dos militares do regime temporário.

Dada a experiência anterior o Ministério de Defesa de Espanha aprovou, em 2018, um plano de ação, mais ambicioso e eficaz, que complementa o programa iniciado em 2013 – o *Plan Integral de Orientación Laboral (PIOL)*. Este plano tem como objetivo apoiar os militares que pretendam iniciar um projeto alternativo, dentro ou fora das FFAA, desde que sejam salvaguardas as necessidades em efetivos e a disponibilidade orçamental (*Orden Ministerial n.º 30/2018, de 31 de maio*). Concretiza-se a partir de seis áreas de atuação: (1) adequação normativa, (2) acreditação de qualificações e competências, (3) formação complementar, (4) comunicação e divulgação do PIOL, (5) orientação para o emprego, e (6) emprego na administração pública e no setor empresarial. Cada área tem objetivos, programas específicos, atividades e corresponsabilidades associadas aos organismos envolvidos.

França

À semelhança do SAPROMIL espanhol, mas com responsabilidades mais amplas, o modelo francês aposta no apoio à reinserção civil através da implementação de um órgão específico, a *Agence de Reconversion de la Défense (ARD)*, também conhecida como *Défense Mobilité (DM)*, criada em 2009, e que corporiza um serviço do Estado, da responsabilidade direta do *Ministère de la Défense*. Tem como objetivo acompanhar a mobilidade externa de pessoal, militar e civil, inserido nos órgãos da Defesa, de modo a proporcionar, em articulação com a estrutura de gestão de recursos humanos dos ramos das FFAA francesas, vários serviços de apoio à transição profissional (e.g., informação, orientação, formação profissional, colocação no MT). A grande aposta do modelo francês centra-se na formação profissional e na mobilidade externa, embora esteja prevista mobilidade interna, a partir da renovação de contratos sucessivos, oferecendo ao cidadão uma ligação mais prolongada à carreira militar (Santos, & Sarmento, 2019).

Integração da análise dos casos de Espanha e de França

Espanha	**França**
• Estrutura de suporte e plano integrado para a reinserção dos militares na vida civil; • Relações funcionais, de apoio, coordenação e comunicação entre organismos públicos envolvidos; • Cursos de gestão de projeto, ciberdefesa e empreendedorismo; • Orientação laboral, garantindo os requisitos para uma posição de trabalho pretendido; • Bolsas de emprego que facilitam o fluxo contínuo entre as FFAA espanholas, a administração do Estado e o setor empresarial; • Acreditação e certificação de competências e experiência adquiridas nas FFAA, divulgando-as externamente, complementadas com formação.	• Rede de apoio à reinserção (350 funcionários); • Centros de formação protocolados pelo país, que apoiam os militares na sua transição • Extenso catálogo de cursos disponível; • Formação profissional gratuita; • Licença de reconversão para melhorar qualificações; • Contratos de profissionalização / formação-estágio; • Percurso pessoal à medida do candidato e com permanente acompanhamento; • Apoio ao emprego público, privado ou de empreendedorismo; • Isenções fiscais para as empresas que acolham ex-militares.

Tabela 2 – Resumo dos vetores de interesse para o caso português

O papel da *Agence de Reconversion de la Défense* e do SAPROMIL, tutelados pelos respetivos ministérios da defesa, assemelham-se às atribuições do CIOFE, embora com um nível de ambição menor no caso português. Da análise dos dois modelos sublinham-se os aspetos com maior interesse para o caso português (Tabela 2), destacando-se ainda: a rede de apoio à reinserção, as entidades e os recursos envolvidos, as relações protocoladas, o nível de envolvimento político e a integração de responsabilidades.

4.3. Discussão integrada de resultados

Os dados recolhidos e analisados a partir do enquadramento legal e das entrevistas e questionários, associados à análise dos casos de Espanha e França, confirmam e complementam os resultados de estudos anteriores (*e.g.*, DGRDN, 2019a e 2019b), reforçando o diagnóstico da situação atual sobre a reinserção socioprofissional dos militares contratados das FFAA portuguesas, ao mesmo tempo que definem novos fundamentos para os aperfeiçoamentos a introduzir ao nível da estruturação e gestão do modelo, nos termos que a seguir se sistematiza.

Do diagnóstico

Os resultados da investigação apontam para algumas fragilidades no processo de apoio à reinserção dos militares contratados no MT, conforme se realça na Tabela 3.

Dificuldade em alinhar os referenciais formativos das FFAA com o CNQ, reduzindo a capacidade de proporcionar aos militares contratados formação qualificada e reconhecida e condicionando a empregabilidade; os ramos alegam inflexibilidade do CNQ para acolher os referenciais das FFAA.
Défice considerável de conhecimento dos destinatários sobre os incentivos oferecidos pelas FFAA.
Existência de lacunas no acompanhamento, orientação, motivação e aconselhamento dos jovens militares durante o seu percurso militar, designadamente sobre a sua valorização / qualificação.
Não obstante o papel do CIOFE e dos gabinetes de orientação dos ramos no apoio à reinserção, os recursos humanos existentes são insuficientes para realizar todas as ações necessárias ao processo de reinserção.
Há muito a fazer no quadro das relações funcionais, de apoio, de coordenação e comunicação com os organismos públicos e privados que possam estar ou vir a ser envolvidos no processo de reinserção.

Tabela 3 – Fragilidades no processo de apoio à reinserção dos militares contratados

Da introdução de melhorias ao nível da estruturação e da gestão do modelo

Os resultados da investigação sugerem que a estruturação e a gestão do modelo têm deficiências, sendo necessário rever a orgânica, as entidades envolvidas, as responsabilidades e os recursos humanos, materiais e financeiros disponíveis. As propostas de melhoria podem inserir-se em quatro grandes áreas de intervenção (categorias obtidas do estudo) – **formação, empregabilidade, estrutura do apoio** e **relações institucionais** –, a que correspondem várias subcategorias (Tabelas 4 a 7).

Promover acordos interministeriais para agilizar o alinhamento dos referenciais formativos das FFAA com o SNQ, para aumentar a certificação da formação ministrada em contexto militar e a empregabilidade.
Proporcionar um período adequado/razoável durante (ou após) o contrato, para completamento de ensino ou formação e qualificação profissional dos militares contratados.
Prever uma licença de apoio ao estudo profissional, limitada no tempo e mediante condições previamente estabelecidas, para permitir a agregação de competências profissionais.

Tabela 4 – Propostas de melhoria na área da formação

Reforçar as ações de divulgação junto dos jovens, no início e durante a permanência nas fileiras.
Promover a divulgação dos incentivos previstos junto de todos os organismos com responsabilidade pelo apoio ao serviço militar, designadamente sobre a fase de reinserção socioprofissional.
Promover a imagem do militar como cidadão dedicado, com valores pessoais e profissionais, com elevado espírito de disciplina, de missão e de equipa e capaz de atuar em ambientes de pressão e risco acrescidos.
Formar bolsas de orientadores/tutores que acompanhem individualmente os jovens desde o início do contrato, para orientarem, motivarem e aconselharem durante o percurso profissional no serviço militar.
Fomentar a criação de um tipo de contrato entre empresa e militar, durante o RC ou em licença de formação, limitado no tempo e suportado pela empresa, com eventuais efeitos profissionais após a saída das fileiras.

Tabela 5 – Propostas de melhoria na área da empregabilidade

Aumentar os recursos humanos afetos ao CIOFE, para permitir alargar o seu campo de ação e tornar este órgão mais eficaz nas ações de apoio e na descentralização da condução de atividades.
Reforçar a divulgação da existência do apoio à reinserção socioprofissional, consolidando a missão de cada entidade e centralizar toda a informação na plataforma digital web do CIOFE.
Promulgar um Plano, ao nível nacional, que defina as relações funcionais, de apoio, de coordenação e comunicação dos organismos públicos envolvidos/a envolver no processo de reinserção socioprofissional.

Tabela 6 – Propostas de melhoria na área da estrutura de apoio à reinserção

Promover a elaboração de relações protocoladas com empresas públicas e privadas e outros organismos, ampliando o leque de entidades parceiras para acolher cidadãos após a prestação do serviço militar.
Reforçar os protocolos com centros de formação, de modo a ampliar o catálogo de oferta de cursos de formação disponíveis para os ex-militares contratados.

Tabela 7 – Propostas de melhoria na área das relações institucionais

5. Conclusões

Nesta secção revisita-se o contexto e o procedimento metodológico e avaliam-se os resultados em relação aos objetivos de investigação; apresentam-se os contributos para o conhecimento e as limitações da investigação e sugerem-se pesquisas futuras.

O estudo trata um tópico ainda pouco investigado em contexto militar português, cujo **objeto** se centra no modelo de reinserção socioprofissional dos ex-militares contratados

das FFAA portuguesas, tendo como **objetivo geral** tornar esta transição mais eficaz e bem-sucedida. Para isso, o estudo foi conduzido em duas fases, diagnóstico e geração de soluções.

O **procedimento metodológico** recorre a uma estratégia de investigação mista, qualitativa e quantitativa, e a um desenho de pesquisa tipo estudo de caso, que se desenvolve no contexto da descoberta. Foi utilizada uma análise documental sobre o *corpus* específico do serviço militar contratado nas FFAA e dados empíricos recolhidos por entrevista e questionário, alvo de análise estatística e de conteúdo. Analisaram-se ainda modelos de reinserção de Espanha e de França.

Os **principais resultados**, apresentados e discutidos na secção anterior, permitiram atingir o objetivo de investigação proposto – "diagnosticar os principais problemas relativos à reinserção socioprofissional dos ex-militares contratados das FFAA portuguesas e elaborar recomendações de ordem prática que permitam tornar o atual processo mais eficaz e bem-sucedido". Os resultados, apresentados de modo resumido no texto deste artigo, sublinham os principais problemas da reinserção socioprofissional dos ex-militares contratados e sugerem propostas de melhoria, complementares a trabalhos já realizados pelo MDN e pelas FFAA. Salientam-se quatro grandes áreas de intervenção: (1) **Formação** (alinhamento do referencial formativo das FFAA com o CNQ; serviço militar como percurso qualificante; licença para apoio à formação profissional); (2) **Empregabilidade** (maior conhecimento do regime de incentivos; informação aos organismos intervenientes; criação de orientadores/tutores nas FFAA para acompanhar os militares; contrato de formação profissional com empresas); (3) **Estrutura de Apoio à Reinserção** (mais recursos; centralização do apoio; plano global institucional); e (4) **Relações Institucionais** (parcerias com empresas e centros de formação).

Além dos **contributos para o conhecimento** que decorrem do diagnóstico e que permitem conhecer mais aprofundadamente o objeto de estudo, a investigação concretiza o levantamento de medidas concretas de melhoria que tornam a "reinserção socioprofissional" mais coerente na estruturação normativa e mais eficaz e bem-sucedida na sua operacionalização. Dada a interdependência com as dimensões "recrutamento" e "retenção", admite-se ainda um retorno positivo na consolidação do modelo de profissionalização das FFAA e um reforço da imagem institucional. Do ponto de vista dos cidadãos, o processo de reinserção, etapa final do percurso do jovem contratado nas fileiras, terá que ser visto como um "estágio" de formação e agregação de valores, atitudes, comportamentos e competências valorizados pelo MT e pela sociedade.

Embora se trate de uma investigação de natureza aplicada sobre um quadro normativo não estabilizado e parcialmente implementado, as amostras utilizadas podem constituir **limitações da investigação**, não permitindo a generalização dos resultados do estudo de caso, não obstante o aprofundamento da temática para a continuação do debate.

Em resposta às limitações identificadas e a novos tópicos que surgiram durante a investigação, sugere-se, como **pesquisas futuras**, a realização de estudos de índole semelhante que aprofundem a questão da reinserção socioprofissional, a partir de amostras mais robustas, bem como estudos complementares que permitam perceber

se a passagem pelas fileiras altera as representações socioprofissionais dos cidadãos em relação ao serviço militar e às FFAA e em que medida os futuros percursos profissionais diferem daqueles que não tiveram essa experiência.

Referências

Agência Nacional para a Qualificação e o Ensino Profissional [ANQEP] (2014). *Guia Interpretativo do Quadro Nacional de Qualificações* [Internet]. Retirado de: http://www.ctesp.anqep.gov.pt/PDF/Guia_interpretativo.pdf.

Almeida J. (2007). Empregabilidade, contextos de trabalho e funcionamento do mercado de trabalho em Portugal. *Revista de Ciências da Educação*, 2, 51-58.

Bardin, L. (2008). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, Lda.

Baruch, Y. (2004). Transforming Careers: from linear to multidirectional career paths. Organizational and individual perspectives. *Career Deveploment International* 9(1), 58-73.

Bryman, A. (2012). *Social Research Methods* (4.ª ed.). Oxford: Oxford University Press.

Carreiras, H. (2018). Prólogo. In L. Santos, M. Sarmento, & C. Fachada. (Coords.) (2018). *Prestação de Serviço Militar em regime de Contrato nas Forças Armadas Portuguesas. Dificuldades e Desafios num contexto de Transformação*. Coleção "ARES", 22, Lisboa: Instituto Universitário Militar.

Carvalho, J. E. (2009). *Metodologia do Trabalho Científico. «Saber-Fazer» da investigação para dissertações e teses* (2.ª ed.). Lisboa: Escolar Editora.

Centro de Informação e Orientação para a Formação e Emprego [CIOFE] (2019). *Visão* [Internet]. Retirado de https://ciofe.dgrdn.pt/ciofe/visao.html.

Creswell, J. W. (2013). *Qualitative Inquiry & Research Design: Choosing Among Five Approaches* (3.ª ed.). Los Angeles, CA: Sage.

Decreto-Lei n.º 320-A/2000 de 15 de dezembro (2000). *Aprova o Regulamento de Incentivos à Prestação de Serviço em RV/RC* (alterado pelo Decreto-Lei n.º 118/2004 de 21 de maio e pelo Decreto-Lei n.º 320/2007 de 27 de setembro). Lisboa: Diário da República.

Decreto-Lei n.º 75/2018, de 11 de outubro (2018). *Procede à segunda alteração do Decreto-Lei n.º 130/2010 de 14 de dezembro que aprova o regime de contrato especial para prestação de serviço militar*. Lisboa: Diário da República.

Decreto-Lei n.º 76/2018 de 11 de outubro (2018). *Aprova o Regulamento de Incentivos à Prestação de Serviço Militar nos Diferentes Regimes de Contrato e no Regime de Voluntariado*. Governo de Portugal. Lisboa: Diário da República.

Decreto-Lei n.º 90/2015, de 29 de maio (2015). *Estatuto dos Militares das Forças Armadas*. Governo de Portugal. Lisboa: Diário da República.

Denzin, N., & Lincoln, Y. (Eds). (2013). *Colleting and Interpreting Qualitative Materials* (4.ª ed.). Los Angeles: Sage Publications.

Direção-Geral de Recursos de Defesa Nacional. [DGRDN] (2019a). *Militares RV/RC: Características e Perceções*. Lisboa: Ministério da Defesa Nacional.

DGRDN (2019b). *Plano de Ação para a profissionalização do Serviço Militar*. Lisboa: Ministério da Defesa Nacional.

DGRDN (2017). *Estudo da Caraterização Sociodemográfica e da Satisfação Organizacional dos militares do Regime de Voluntariado e de Contrato dos três ramos das Forças Armadas*. Lisboa: Ministério da Defesa Nacional.

Flick, Uwe (2005). *Métodos Qualitativos na Investigação Científica*. [título original: Qualitative Sozialforschung, 2002]. Tradução de Artur M. Parreira. Coleção: "Manuais de Gestão". Lisboa: Monitor.

Frazão L. (2004). *A Educação/Formação e a Inserção Sócio-profissional*. Tese de Mestrado. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa.

Guerra, I. C. (2006). *Pesquisa Qualitativa e Análise de Conteúdo: Sentidos e Formas de Uso*. Parede: Principia.

Hall, D. T. (2002). *Careers in and out of the organization*. Thousand Oaks, CA: Sage.

Lei n.º 174/99, de 21 de setembro (1999). *Lei do Serviço Militar*. Diário da República n.º 221/1999, Série I-A de 1999-09-21. Lisboa: Assembleia da República.

Martins, H. T. (2010). *Gestão de carreiras na era do conhecimento*. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda.

McQuaid R., & Lindsay C. (2005). The concept of employability. *The Urban Studies*, 42(2), 197-219.

Nazarko J. et al. (2009). The general concept of benchmarking and its application in higher education in Europe. *Higher Education in Europe*, 34(3-4), 497-510.

Orden Ministerial n.º 30/2018, de 31 de maio (2018). Aprova o Plan Integral de Orientación Laboral para el personal military del Ministério de Defensa. *Boletín Oficial del Ministerio de Defensa*. N.º 108, 13954-13970. Madrid: Ministério de Defensa (de Espanha).

Parente C., & Rocha V. (2017). Outplacement em Portugal: Vivências e experiências. *ReCaPe - Revista Carreiras e Pessoas*, VII(2), 590-605.

Santos, L., & Lima, J. (Coords.), (2019). *Orientações Metodológicas para a Elaboração de Trabalhos de Investigação* (2.ª ed., revista e atualizada). Cadernos do IUM, 8. Lisboa: Instituto Universitário Militar.

Santos, L., & Sarmento, M. (2019). The Position of the Portuguese Armed Forces in the Labour Market in Relation to the Military Service Model Under Contract. *Revista de Ciências Militares*, maio 2019, VII(1), 107-136.

Sarmento, M. (2013). *Metodologia científica para a elaboração, escrita e apresentação de teses*. Lisboa: Universidade Lusíada Editora.

Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research Methods for Business Students* (5th ed.). Essex: Pearson Education Limited.

Yin, K. R. (2014). *Case Study Research – Design and Methods* (5.ª ed.). Los Angeles: Sage Publications.

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

Recebido/Submission: 10/11/2019
Aceitação/Acceptance: 12/01/2020

Diseño Estructural de un Sistema de Telemetría y Videovigilancia Implementado en un UAV

María Elena Moscoso[1], Estefanía Yánez-Arcos[1], Víctor Enríquez[2], Julio Cuji[1], Hernán Naranjo-Ávalos[1], Franklin W. Salazar[1], Jorge Buele[3,4,5]

me.moscosoa@uta.edu.ec, eyanez0347@uta.edu.ec, venriquez@fae.mil.ec, julioecuji@uta.edu.ec, hf.naranjo@uta.edu.ec, fw.salazar@uta.edu.ec, jorgebuele@uti.edu.ec

[1] Universidad Técnica de Ambato, 180103, Ambato, Ecuador.

[2] Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, 180110, Ambato, Ecuador.

[3] SISAu Research Group, Universidad Tecnológica Indoamérica, 180212, Ambato, Ecuador.

[4] Universidad Internacional de la Rioja, 26006, Logroño, España.

[5] Sociedad Nacional de la Cruz Roja Ecuatoriana, 170403, Quito, Ecuador.

Pages: 451–464

Resumen: La exploración y monitoreo en áreas de gran extensión, donde se podrían realizar actividades ilícitas es un problema que aqueja a las fuerzas aéreas latinoamericanas. Por ello, en este trabajo de investigación se describe el diseño estructural de un sistema de telemetría para desarrollar misiones de vigilancia en un prototipo UAV de gama pequeño. Se determinan los elementos adecuados que forman parte del sistema aéreo no tripulado (UAS) en base a un análisis aerodinámico, determinar la mejor tecnología, a un costo reducido. Los equipos son instalados y acondicionados manteniendo las condiciones específicas de la aeronave, para realizar vuelos estables y enlaces de comunicación confiables. La validación de esta propuesta se realiza mediante un conjunto de pruebas que corroboran su alta confiabilidad, a pesar de ser un sistema prototipo.

Palabras claves: UAV, Diseño Estructural, Telemetría, Videovigilancia, Misiones Militares.

Structural Design of a Telemetry and Video Surveillance System Implemented in a UAV

Abstract: Exploration and monitoring in areas of great extension, where illegal activities could be carried out is a problem that affect to Latin American air forces. Therefore, this research paper describes the structural design of a telemetry system to develop surveillance missions in a small-range UAV prototype. The appropriate elements that are part of the unmanned aerial system (UAS) are determined based on an aerodynamic analysis, determine the best technology, at a reduced cost. The equipment is installed and conditioned maintaining the specific conditions of the aircraft, for stable flights and reliable communication links. The validation of this

proposal is carried out through a set of tests that confirm its high reliability, despite being a prototype system.

Keywords: UAV, Structural design, Telemetry, Video Surveillance, Military Missions.

1. Introducción

En la actualidad una de las herramientas más prometedoras para misiones de inteligencia, vigilancia y reconocimiento militar son los UAV (Unnmanded Aerial Vehicle) debido a sus prestaciones para lograr dichos objetivos (Zeng & Zhang, 2017), (Stodola, Kozůbek & Drozd, 2018), (Zeng, Xu & Zhang, 2018). En Ecuador la perspectiva de acuerdo al uso de este tipo de aeronaves arrancó en el año 2009 debido al excesivo contrabando de combustible y minería ilegal. Por ello se adquirieron dos modelos de aeronaves no tripuladas (Heron y Searcher) a Israel Aerospace Industries con una inversión de 22 millones de dólares, mismas que solo sirvieron para ciertas actividades militares y no permitieron su modificación debido a las restricciones impuestas por el fabricante. A finales del 2010 el gobierno nacional apoyó al Centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (CIDFAE) para el diseño y fabricación de UAVs, lo que les permitió constituirse como el único centro del país que desarrolla este tipo de plataformas, lo cual se ve plasmado en los trabajos de (Jara-Olmedo, Medina-Pazmiño, Mesías, Araujo-Villaroel, Aguilar & Pardo, 2018) y (Loya et al., 2019).

Para el año 2018 este centro de investigación ha desarrollado tres versiones de una aeronave táctica denominada COLIBRI, donde como producto final se obtiene un UAV aerodinámicamente eficiente. Éste posee enlaces de transmisión de datos y video de 800 y 300 metros de distancia respectivamente, convirtiéndose en una limitación para someter a la aeronave en misiones reales. Actualmente se requiere acondicionar este UAV táctico a un modelo operativo, para ser sometido a las actividades militares del país (Avola et al, 2017), (Medina-Pazmiño, Jara-Olmedo, Tasiguano-Pozo & Lavín, 2018). De esta manera poder realizar el control del tráfico aéreo y la contribución de información en tiempo real para la toma de decisiones, tanto en operaciones militares como para la gestión de riesgos y desastres naturales (Mediavilla & Vélez, 2018), (Zacarias et al., 2018), (Patra, Rani & Dayal, 2017). El surgimiento de los UAVs como herramienta para la vigilancia y medio para la prestación de servicios en caso de emergencia, plantea la necesidad de instaurar regulaciones éticas (Baskaran, Radhakrishnan, Muthukrishnan, Prasath, Balaji & Pandian, 2017). Por ello en el manuscrito de (Sandvik & Oliveira Martins, 2018) se presenta un estudio de cómo los drones se han convertido en dispositivos que requieren una regulación. Para realizar este procedimiento se han llevado a cabo 4 pasos que son detallados con la finalidad de formular argumentos respecto al espacio aéreo latinoamericano.

Respondiendo a las necesidades de la Fuerza Aérea Ecuatoriana y haciendo uso de tecnología avanzada, se plantea este propotipo, en el cual se presenta un sistema de monitoreo implementado en un UAV. Este dispositivo posee prestaciones superiores con vuelos controlados, gracias a la comunicación que se tiene a largas distancias y con la posibilidad de almacenar dicha información. Todo ello permite agilizar las actividades militares de control y patrullaje, conociendo previamente a que situaciones

se van a enfrentar gracias al monitoreo en tiempo real, facilitando la toma de decisiones oportunas y adecuadas.

Este artículo está distribuido de la siguiente forma: en la sección 1 se describe una breve introducción. En la sección 2 se describe la selección de los elementos que forman el diseño estructural y en la sección 3 se presenta la implementación de la propuesta. Las pruebas y resultados experimentales se muestran en la sección 4 y las conclusiones en la sección 5.

2. Diseño Estructural

A continuación, se describe el diseño estructural de cada uno de los elementos que conforman el UAS y se asegure su funcionamiento en misiones de vuelo, con un presupuesto reducido. Para cumplir con lo planteado, de forma general los equipos necesarios son de control, comunicación y software para planificación de vuelo y monitoreo. Al segmento aire le corresponde los quipos de control, propulsión y alimentación; al segmento tierra le corresponde el software y el radio control; y al segmente de comunicaciones la telemetría y video.

2.1. Equipo de Control

Micropiloto

El micropiloto corresponde al cerebro del UAV por lo que en base a las necesidades del proyecto se requiere que cuente con un peso ligero, una IMU de alta velocidad, redundancia, arquitectura libre, compatibilidad con comunicación I2C y mínimo 4 salidas de PWM ya que la plataforma posee este número de interfaces de control. Para lo cual se realizó una comparación entre los dispositivos comerciales en tres diferentes gamas, para conocer cada una de sus capacidades y según el interés del proyecto, seleccionar el de mejores características. Los dispositivos que mejor se adaptan al proyecto son los de Gama Media y Gama Alta, por motivos económicos estos últimos no se han considerado. Se ha seleccionado el micropiloto Pixhawk V2 y Raspberry por su peso ligero (menor en 10 gramos), longitud en ancho menor en 3 centímetro, siendo perfecto para las dimensiones de la cabina del prototipo a utilizarse. Además, presenta una carcasa rígida evitando interferencias y potencia de consumo baja, garantizando un tiempo de vuelo extenso. Finalmente, una redundancia de datos mayor, lo cual mejora el control de vuelo automático, al recibir y comparar los datos de 3 diferentes giroscopios, acelerómetros y magnetómetros. Cabe destacar que el creador de este dispositivo es la marca 3DR, conocida por ser desarrollador de controladores de vuelo para UAV, lo que presenta mayor confiabilidad en el desempeño de sus funciones, así como un extenso soporte en línea dado por expertos desarrolladores.

Sensor de Tubo Pitot

Uno de los principales requerimientos para desarrollar misiones en modo automático es conocer la altitud de la aeronave para lo cual se hace uso de un dispositivo comercialmente conocido como Tubo Pitot que es el encargado de entregar dicha información al autopiloto para mejorar su control. Al analizar los equipos recomendados por el manual

de Pixhawk, se ha elegido el sensor mRo, ya que posee un mayor rango de medición y una alta confiabilidad.

Dispositivo GPS

Dispositivo que proporciona datos de posicionamiento, altitud y velocidad, que en conjunto con la IMU del autopiloto permite tener mayor precisión en los vuelos autónomos que esté realizando la nave. Tomando en cuenta la recomendación del manual del controlador Pixhawk, se ha elegido RADIOLINK SE100 M8N GPS. Este dispositivo presenta un reducido consumo de potencia, menor tiempo para establecer conexión, su precisión se encuentra dentro del rango aceptable y sus dimensiones y peso son favorables.

Servomotor

Este dispositivo es utilizado para el control de las partes móviles del aeromodelo, como son alerones, rudder y elevador, para lo cual es necesario que su torque y velocidad de respuesta sean los adecuados para la aplicación deseada y respondan de manera efectiva a los mandos manual y automático cuando se estén realizando las pruebas de vuelo. Previo a elegir los modelos, se realiza el cálculo efectivo de la fuerza de arrastre (drag) en (1) y el momento o fuerza de torsión total, que depende de la cantidad de fuerza y la distancia donde se aplica (brazo del servo) en (2).

$$F_D = C_D * \frac{\rho * V^2}{2} * A \tag{1}$$

Donde:

C_D : Coeficiente de arrastre.

ρ : Densidad del aire (kg/m^3).

V^2 : Velocidad relativa del objeto respecto del viento (m/s)^2.

A : Área de la superficie de control a manipular (m^2).

$$F_T = F_D * m \tag{2}$$

Donde:

m : Distancia del brazo del servo.

- Alerones

$$F_D = 0.025 * \frac{1.225 * (15)^2}{2} * 2.01 = 6.93[N]$$

$$F_T = 6.93 * 0.05 = 0.346[Nm] = 3.53[Kg.cm]$$

- Rudder

$$F_D = 0.025 * \frac{1.225 * (15)^2}{2} * 0.504 = 1.77[N]$$

$$F_T = 1.77 * 0.05 = 0.089[Nm] = 0.91[Kg.cm]$$

- Elevador

$$F_D = 0.025 * \frac{1.225 * (15)^2}{2} * 2.05 = 7.06[N]$$

$$F_T = 7.06 * 0.05 = 0.353[Nm] = 3.6[Kg.cm]$$

Con los cálculos efectuados se determina que tanto para los alerones como para el elevador se requiere de un torque mayor a 3.5Kg.cm y para el ruder un servo de 0.91Kg. cm. Para el presente proyecto se decide emplear un kit de servomotores con piñones metálicos debido a la constante presión que el viento ejerce sobre dichas interfaces. En base a un análisis comparativo, se elige la marca Power HD, ya que supera el torque requerido, además una rápida respuesta, peso y dimensiones adecuadas, a un menor costo.

2.2. Equipos de propulsión

Motor eléctrico

La aeronave se encuentra dentro de los modelos de vuelo a escala tipo entrenadores, donde no se requiere de altas velocidades, sino de un motor que pueda generar una velocidad crucero, para la buena adquisición de video. Los motores con un KV bajo pues genera menor velocidad de vuelo, pero mayor torque o empuje requerido por su carga útil. En (3) se calcula el KV del motor necesario, aplicando la relación Potencia/Empuje.

$$\frac{Potencia}{Empuje} = \frac{453.7}{2240} = 0.203 \quad (3)$$

En base al cálculo anterior y con sobredimensionamiento de potencia del 30% por cuestiones de seguridad, se considera necesario 2240g de empuje, 589.81W de potencia y 700KV. Por sus prestaciones y aceptación comercial se selecciona el motor Turnigy G25; acompañado de baterías tipo LiPo de hasta 4 celdas.

ESC controlador de velocidad de motor

Este elemento es el encargado de modificar la velocidad del motor a través de una señal PWM. Tomando en cuenta que la corriente al máximo empuje del motor es de

44 A, se realiza un sobredimensionamiento del 30% y se tienen 57.2 A. Para que exista compatibilidad con el motor a emplear se procede a elegir un ESC de la misma marca, el modelo ESC PLUSH a 60 A es el que mejor prestaciones ofrece.

Hélice

Para la presente aplicación se requiere una hélice que produzca mayor empuje a menor velocidad y esto se logra con hélices de gran diámetro y paso reducido. Con los 710 KV del motor, se recomienda elegir una hélice con un diámetro de 12 pulgadas y un paso de 4 pulgadas (12X4), donde el material elegido es Nylon.

2.3. Equipos de Manejo RC

Radio control

El equipo proporcionado fue un Radio Control FUTABA T18MZ el cual cuenta con el sistema de transmisión bidireccional FASSTest que trabaja en la banda de frecuencia de 2.4 GHz y cuenta con la posibilidad de programar en 18 canales diferentes para poder realizar el control de la aeronave. Este sistema es de corto alcance, teniendo un rango de operación de hasta 800 metros, el cual para los requerimientos del proyecto responden muy bien, ya que el mando manual de la aeronave únicamente se lo utilizará para el despegue y aterrizaje que son maniobras que se las realiza en la estación terrena.

Receptor de Radio Control

El receptor recomendado en el manual de usuario del radio transmisor es el R7008SB. Este enlace de comunicación utiliza el protocolo S.Bus2, el cual permite un tipo de comunicación full dúplex, siendo capaz de enviar datos de telemetría y poder visualizarlos en la pantalla del radio receptor, pero en este proyecto no será de mayor utilidad debido a su corto alcance, por lo que se implementará únicamente para el control manual de la aeronave.

2.4. Equipos de Telemetría

Transmisor y Receptor de Telemetría

Teniendo en cuenta que requiere un equipo de tamaño compacto y de fácil instalación, en el espacio limitado que posee la aeronave, los módulos RFD900 son empleados de forma eficaz. Éstos garantizan un enlace confiable y robusto de largo alcance, fuerte potencia de transmisión y recepción (importante en los radioenlaces) y la distancia en la que puede transmitir este dispositivo es mucho mayor.

Antenas

Mediante el datasheet del equipo seleccionado se pudo analizar que las antenas que prometen una mayor distancia de transmisión son las antenas dipolo de ½ onda, las cuales tienen una ganancia de 6 dBi y trabajan a 900 MHz.

2.5. Equipos de Video

Transmisor y Receptor de video

El equipo capaz de transmitir video de alta calidad (parámetro necesario) es Herelink, un transmisor de video digital de alta fidelidad. Cuenta con una pantalla móvil en la cual el piloto puede observar durante toda la misión el video transmitido, así como también las variables de vuelo. También se puede destacar la capacidad de envió de datos de telemetría y el control de mando que tiene incorporado en la pantalla móvil, lo cual permite formular posibles trabajos futuros.

Cámara

Las cámaras comerciales que más se acoplan a estas características son las de la serie GoPro ya que son desarrolladas para uso deportivo; el modelo GoPro 4 posee el peso adecuado, tamaño y costo reducido. Se ha utilizado una cámara de video básica ya que el objetivo es alcanzar largas distancias, sin embargo, el equipo de video admite el uso de cámaras especializadas como las empleadas en topografía, medición térmica, entre otras.

3. Implementación de la Propuesta

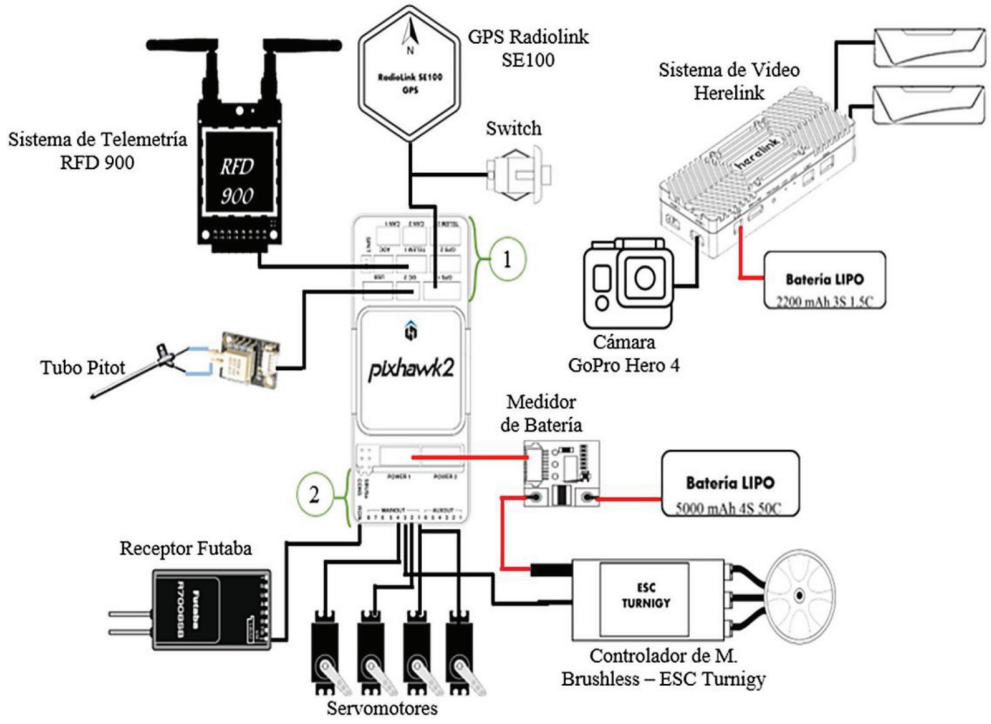


Figura 1 – Diagrama general del sistema implementado.

Una vez finalizada la etapa de identificación, selección y adquisición de los principales equipos necesarios para que el sistema pueda ejecutar vuelos operativos, se procede a configurar, programar e instalar en la nave cada uno de ellos. Cabe mencionar que existe un conjunto de componentes adicionales que sirven de apoyo a los principales; mismos que son detallados en la Tabla 1 y su esquema de conexión se detalla en las Figuras 1 y 2.

Principales	Adicionales
Micropiloto	GPS
Servomotores	Tubo Pitot
Motor	Hélice
ESC	Baterías
Equipos de Telemetría	Medidor de Batería
Equipos de Video	Software de Monitoreo

Tabla 1 – Equipos adicionales del UAS.

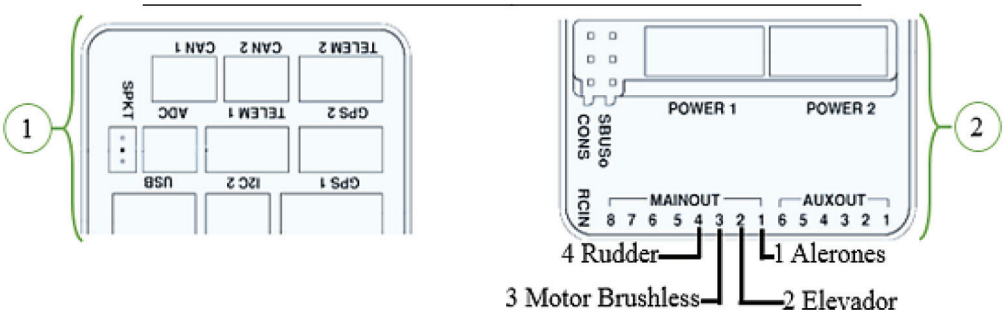


Figura 2 – Diagrama de Conexión de Elementos del UAV.

Para la ubicación de cada uno de los componentes se debe considerar ciertas restricciones, entre ellas distribuir de forma adecuada la carga útil para lograr una correcta estabilidad y control del avión. También considerar que la estructura física con la que está construida la nave es de fibra de carbono, siendo este un material conductor. Para configurar el micropiloto se debe tener en cuenta la instalación de firmware, el monitor de batería, calibración de sensores, acelerómetro, GPS y tubo Pitot. En la Figura 3 se puede apreciar la descripción de los procesos de configuración del sistema.

Como parte de la configuración de equipos de telemetría, se realiza la comunicación mediante el protocolo MAVlink y se revisan las recomendaciones de software. El proceso de configuración de equipos de video incluye el emparejamiento de la unidad aérea y controlador y la configuración de la cámara y transmisión de video (controlador y protocolo RTSP). La calibración para función de radio control (mando manual) incluye la configuración de joysticks en hardware y software y los modos de vuelo.

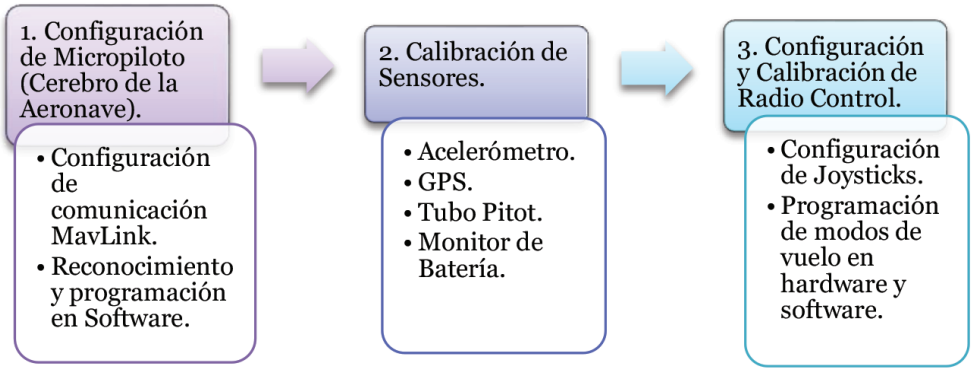


Figura 3 – Proceso de configuración y programación de equipos del UAS.

4. Pruebas y Resultados Experimentales

4.1. Rendimiento Aerodinámico

En la prueba inicial se requiere conocer la respuesta aerodinámica del UAV a las condiciones reales, el vuelo se desarrolla en los modos manual, RTL y autotune con un constante monitoreo de las variables de vuelo (altura, velocidad y nivel de batería) a través del software Mission Plannner, gracias a los equipos de telemetría. El modo manual le permite al piloto familiarizarse con el control de la aeronave y verificar que el motor no demande un excesivo consumo (aceleración no mayor al 70%). Al ejecutar el modo Autotune, se realiza una de las más importantes calibraciones de la nave, pues el piloto ejecuta movimientos en las palancas respectivas para que la aeronave se mueva en los ejes pitch y roll, para calibrar los PIDs de cada servomotor. Dichos datos se almacenan en la tarjeta micropiloto para cuando se emplee el modo automático (Auto), la nave mantenga un vuelo estable. Por seguridad en la carga útil se simula el peso de los componentes del kit de video, ya que en esta prueba no son requeridos.

Al momento del despegue el lanzador identificó que el empuje que emite el motor no es suficiente para superar la velocidad de stall de la aeronave (10 m/s) para que se levante, por lo que fue necesario emplear mayor fuerza en el lanzamiento manual y una aceleración al 100% del motor. De igual forma el piloto reportó que durante todo el vuelo mantuvo dicho valor de aceleración, lo que se traduce en un elevado consumo de batería y menor autonomía. Para mejorar el empuje tanto en el despegue como durante el vuelo se procede a cambiar la hélice por una de mayor paso ya que este parámetro es el que permite incrementar el empuje sin sobrecargar al motor: de 12x4 a 12x7. Se verifica que el peso de la carga útil es el adecuado ya que no excede los 1.5Kg recomendados en el diseño mecánico para vuelos estables y se retira el peso simulado del kit de video por los equipos reales. Un resumen de los resultados obtenidos en cada etapa del vuelo se describe en la Figura 4.

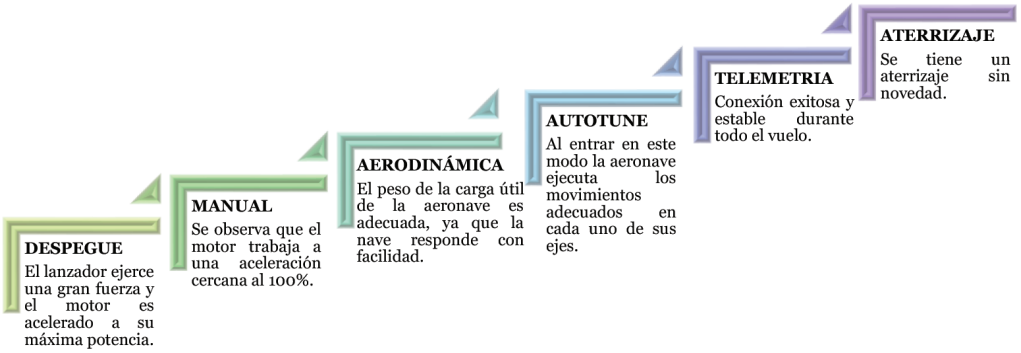


Figura 4 – Resultados generales de rendimiento aerodinámico.

4.2. Rendimiento en Modo Automático

Para esta prueba el vuelo se desarrolla en los modos manual, RTL y Auto, con un constante monitoreo a través del software Mission Plannner. En el modo Auto se programan tres misiones a una altura constante de 100m y una velocidad promedio de 15m/s. La distancia máxima de la primera misión es de 418m con un perímetro de 1,78Km; la segunda misión con una distancia de 553.2m con un perímetro 2.19Km; la tercera con una distancia de 1.032Km con un perímetro de 3.36Km siendo esta última la más larga alcanzada en todo el vuelo. A su vez este modo permite verificar el cumplimiento de WayPoints (ruta establecida con puntos georreferenciados – WP) y la visualización de todas las variables de vuelo en la interfaz de control (altura a la que vuela la nave, velocidad, voltaje de batería de telemetría, número de satélites capturados, posicionamiento y posibles errores). Se enciende el enlace de video con el fin de monitorear desde el aire la misión y verificar la calidad de video. El resumen de vuelo se puede observar en la Figura 5.



(a)



(b)



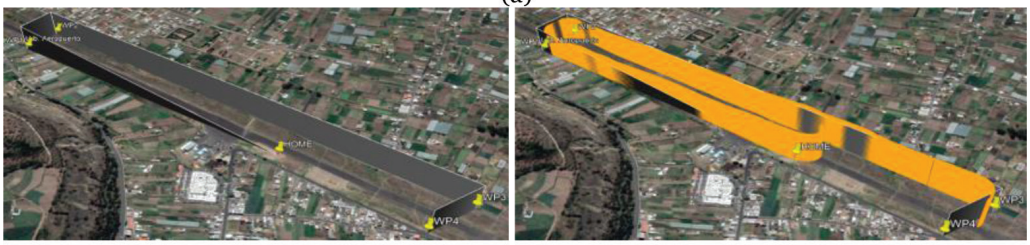
(c)

Figura 5 – Resumen de vuelo: (a) Despegue. (b) Aterrizaje. (c) Estación terrena – Recepción de Video.

Se analiza el cumplimiento de WP (WayPoints) programados durante la misión más larga en modo auto, para ello en la Figura 6(a) se identifican cada uno de estos puntos y se ha procedido a ubicarlos en Google Earth. En la Figura 6(b) el plano negro indica el recorrido esperado con la programación de los WP, mientras que en la Figura 6(c) se identifica con el plano naranja el recorrido real de la aeronave durante dicha misión. Aquí se observa que en las zonas donde la aeronave debe girar no se llega exactamente al punto, sin embargo, en la trayectoria en línea recta cumple de forma adecuada con pequeñas desviaciones.

1	WAYPOINT	0	0	0	0	-1,2060896	-78,5741329	100	X		9,7	5,6	1031,7	9
2	WAYPOINT	0	0	0	0	-1,2062183	-78,5728884	100	X		0,0	0,0	139,1	96
3	WAYPOINT	0	0	0	0	-1,2200339	-78,5754204	100	X		0,0	0,0	1561,8	190
4	WAYPOINT	0	0	0	0	-1,2192616	-78,5767078	100	X		0,0	0,0	166,9	301

(a)



(b) (c)

Figura 6 – Análisis del recorrido: (a) WayPoints programados. (b) recorrido programado. (c) recorrido ejecutado.

Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 7. La cámara se encuentra ubicada de forma vertical en la cabina, esto genera una visualización del recorrido de costado. Se requiere cambiar la orientación de la cámara para obtener una visualización de frente, para ello se procede a girarla 90° en sentido antihorario de su posición inicial, quedando en forma horizontal dentro de la cabina. La alerta de NO RC RECIVER que se observa en la interfaz de monitoreo aparece cuando la aeronave sale de la cobertura del radio control manual, es decir sobrepasa los 800m de distancia desde el punto donde se encuentra el piloto con el radio.

Las baterías tanto de telemetría como de video se descargan en un 8.8% y 6.6% respectivamente durante 15 minutos. Estos valores son los esperados ya que las mismas fueron dimensionadas para trabajar hasta 20 minutos con un porcentaje máximo de descarga del 20% para evitar daños al ser de tipo LiPo de 4 y 3 celdas respectivamente. En la Figura 8 se puede apreciar la captura de video obtenida durante la prueba.



Figura 7 – Resultados generales del vuelo en modo Auto.



Figura 8 – Video receptado durante la ejecución de la misión.

5. Conclusiones

Como prototipo base se ha utilizado el modelo Colibrí, desarrollado por el Centro de Investigación de las Fuerza Aérea Ecuatoriana, el cual está catalogado dentro de la categoría de gama pequeña. A pesar de su innovador diseño mecánico y la ejecución de vuelos estables, los sistemas de control y monitoreo de misiones son deficientes, puesto que tienen un alcance máximo de 800m. Por lo cual luego de un análisis estructural se definió que se requerían cambios en las características aerodinámicas, como la velocidad de arranque y sal, perfil aerodinámico, peso, carga útil; y los elementos para realizar misiones de forma automática: micropiloto y los sistemas de comunicación. En base a su zona de operación específica, se estableció un sistema de control de rápida respuesta con redundancia y un sistema de alimentación apto para alcanzar mayor autonomía con los sistemas de comunicación de largo alcance. Para este último se seleccionó dos bandas de frecuencias distintas, para evitar interferencias entre los datos de telemetría y video, estas fueron de 915MHz y 2.4GHz respectivamente, ya que presentan un mayor alcance y penetración en zonas cuyo clima es húmedo con alta vegetación.

El dimensionamiento de los materiales utilizados y su implementación física se realizó exitosamente, por lo que las pruebas de vuelo fueron ejecutadas con normalidad. La posición de cámara que inicialmente se encontraba incorrecta fue direccionada adecuadamente, con lo cual se obtiene una transmisión de video de alta calidad y sin intermitencias, aunque al sobrepasar los 3 km existen algunas interferencias. El consumo de las baterías estuvo dentro del rango establecido, con lo cual se obtuvo un vuelo con independencia por un tiempo aproximado de 15 minutos. Si bien este sistema prototipo fue diseñado con elementos de bajo costo y aún se encuentra en fase de pruebas, se trata de una propuesta que cumple con los requerimientos establecidos. Es por ello que los autores de este documento, plantean como trabajo futuro el mejoramiento de este sistema con la finalidad de ofrecer una propuesta que pueda competir con una de índole comercial.

Referencias

Avola, D., Foresti, G. L., Martinel, N., Micheloni, C., Pannone, D., & Piciarelli, C. (2017). Aerial video surveillance system for small-scale UAV environment monitoring. *2017 14th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS)*, 1-6. IEEE.

Baskaran, B., Radhakrishnan, K., Muthukrishnan, G., Prasath, R. N., Balaji, K. P., & Pandian, S. R. (2017). An autonomous UAV-UGV system for eradication of invasive weed prosopis juliflora. *2017 Conference on Information and Communication Technology (CICT)*, pp. 1-6. IEEE.

Jara-Olmedo, A., Medina-Pazmiño, W., Mesías, R., Araujo-Villaroel, B., Aguilar, W. G., & Pardo, J. A. (2018). Interface of Optimal Electro-Optical/Infrared for Unmanned Aerial Vehicles. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, *94*, 372-380. Springer.

Loya, H., Enríquez, V., Salazar, F. W., Sánchez, C., Urrutia, F., & Buele, J. (2019). Analysis and Determination of Minimum Requirements of an Autopilot for the Control of Unmanned Aerial Vehicles (UAV). *International Conference on Computer Science, Electronics and Industrial Engineering (CSEI)*, 129-142. Springer.

Mediavilla, J. R., & Vélez, A. J. (2018). Hacia la unificación de radares civiles y militares: Sistema de integración de la señal de radares de la Dirección General de Aviación Civil como apoyo a la Defensa y Seguridad del espacio aéreo ecuatoriano. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao, E15*, 66-75.

Medina-Pazmiño, W., Jara-Olmedo, A., Tasiguano-Pozo, C., & Lavín, J. M. (2018). Analysis and implementation of ETL system for unmanned aerial vehicles (UAV). *Advances in Intelligent Systems and Computing, 721*, 653-662. Springer.

Patra, T. K., Rani, R., & Dayal, P. (2017). Analytics for image, text and audio analysis for military surveillance, command & control systems. *2017 Second International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT)*, 1-5. IEEE.

Sandvik, K. B., & Oliveira Martins, B. (2018). Revisitando el espacio aéreo latinoamericano: una exploración de los drones como sujetos de regulación. *Latin American Law Review, 1*, 61-81.

Stodola, P., Kozůbek, J., & Drozd, J. (2018). Using Unmanned Aerial Systems in Military Operations for Autonomous Reconnaissance. *International Conference on Modelling and Simulation for Autonomous Systesm*, 514-529. Springer.

Zacarias, I., Schwarzrock, J., Gaspary, L. P., Kohl, A., Fernandes, R. Q., Stocchero, J. M., & de Freitas, E. P. (2018). Enhancing Mobile Military Surveillance Based on Video Streaming by Employing Software Defined Networks. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2018.

Zeng, Y., Xu, X., & Zhang, R. (2018). Trajectory design for completion time minimization in UAV-enabled multicasting. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, *17(4)*, 2233-2246.

Zeng, Y., & Zhang, R. (2017). Energy-efficient UAV communication with trajectory optimization. IEEE Transactions on Wireless Communications, 16(6), 3747-3760.

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

Recebido/Submission: 11/12/2019
Aceitação/Acceptance: 03/02/2020

Modelo de capital estructural para Universidades basado en el modelo de fusión de datos JDL y la calidad de la información

Miguel A. Becerra[1,5], Erika Londoño-Montoya[2,5], Leonardo Serna-Guarín[3], Diego Peluffo-Ordóñez[4], Catalina Tobón[5], Lillyana Giraldo[5].

migb2b@gmail.com, elondono77@hotmail.com , lserna@itm.edu.co, dpeluffo@yachaytech.edu.ec, ctobon@udem.edu.co, lmgiraldo@udem.edu.co

[1] Institución Universitaria Pascual Bravo, 050042 , Medellín, Colombia.

[2] Universidad San Buenaventura, 050010, Medellín, Colombia

[3] Instituto Tecnológico Metropolitano, 050042, Medellín, Colombia

[4] Universidad Yachay Tech – SDAS Group, 100115, Urcuquí, Ecuador

[5] Universidad de Medellín, 050026, Medellín, Colombia

Pages: 465–478

Resumen: El capital intelectual es uno de los mas importantes activos intangibles para las universidades y existen múltiples modelos para valorarlo a través del componente humano, estructural y relacional. Sin embargo, este es un campo abierto de investigación que aun demanda nuevas soluciones para valorarlo de manera efectiva desde cada uno de sus componentes. Para la valoración del componente estructural en las instituciones de educación superior, este estudio propone un modelo que combina la valoración de la calidad de la información y el modelo de fusión de datos JDL (*Joint Directors of laboratories*), el cual ha sido ampliamente utilizado en aplicaciones militares. El modelo propuesto es original en los métodos usados y su asociación, distribuidos en seis niveles que ejecutan el pre-procesamiento de la información, valoración de objetos, valoración de la situación y el riesgo, y el refinamiento del proceso. Además, se evalúa la calidad de la información, su trazabilidad y el contexto, con el fin de refinar el proceso y obtener una valoración más objetiva considerando la imperfección de la información para la toma de decisiones en la administración del impacto y el riesgo. El modelo no solo permite la valoración del capital estructural, sino también apoya la toma de decisiones basada en la calidad de la información y su impacto. La funcionalidad del modelo es descrita en cada uno de sus niveles.

Palabras-clave: Calidad de la información; capital intelectual, capital estructural, fusión de datos, modelo JDL.

Structural capital model for Universities based on JDL data fusion model and information quality

Abstract: Intellectual capital is one of the most critical intangible active assets for universities, and there are multiple models to value it through the human, structural, and relational components. However, this is an open field of research that still demands new solutions to assess it effectively from each of its components. For the assessment of the structural component in higher education institutions, this study proposes a model that combines the assessment of the quality of information and the JDL data fusion model (joint directors of laboratories), which has been used in applications military. The proposed model is original in the methods used and their association, distributed in six levels that execute the pre-processing of the information, valuation of objects, valuation of the situation and the risk, and the refinement of the process. Besides, it evaluates the quality of the information, its traceability, and context to refine the process and obtain a more objective assessment taking into account the imperfection of the information for decision-making in the management of impact and risk. The model not only allows the assessment of structural capital, but also supports decision-making based on the quality of information and its impact. The functionality of the model is described by levels.

Keywords: *Information quality,* intelectual capital, structural capital, Data fusion, JDL model.

1. Introducción

El capital intelectual (CI) tiene como objetivo valorar los activos intangibles de las organizaciones y es clasificado usualmente por tres componentes (Capital Humano -CH, Capital Relacional - CR y Capital Estructural –CE (Cricelli, 2018). Actualmente existen múltiples modelos de capital intelectual, sin embargo debido a la dinámica de cambio permanente de las organizaciones y su contexto, este es un campo abierto de investigación. En el contexto de la sociedad del conocimiento, las Instituciones de Educación Superior (IES) tienen una contribución decisiva a la producción científica y económica, de ahí la necesidad de orientar sus procedimientos para maximizar su aportación a la sociedad (Bueno et al., 2003) y demandan un interés explícito por controlar y fortalecer su CI reconociendo sus activos intangibles que generan valor (Torres-Narváez M, Cruz-Velandia I, 2014).

La literatura reporta múltiples modelos de capital intellectual, algunos de ellos destinados a la captura de las dimensiones dinámicas de activos intangibles y recursos basados en conocimiento para identificar cómo las IES pueden crear valor, evaluar el desempeño (Cricelli et al., 2018; Parshakov & Shakina, 2017; Veltri et al., 2014) y el CI (Bezhani, 2010; Bueno et al., 2003; Cañibano & Sanchez, 2008; Santos Peñalver et al., 2011; Veltri & Silvestri, 2011), y unos pocos han investigado la relación existente entre el CI de las universidades y su desempeño (Bratianu, 2009; Bueno, Salmador, & Longo-Somoza, 2014; Kianto, 2007; Secundo et al., 2016), lo que indica que hasta la fecha, no se ha prestado suficiente atención al análisis cuantitativo del proceso de creación de valor del CI en las universidades (Cricelli et al., 2018). Actualmente, no existe un marco internacional común para la gestión de la información sobre los determinantes intangibles de valor agregado, sólo las iniciativas dispersas en todo el mundo (Ramirez-Corcoles & Manzaneque-Lizano, 2015). por lo que es apropiado abordar el diseño y el desarrollo de modelos que ayuden a las IES a identificar, medir y monitorear sus fuentes intangibles de valor para mejorar la eficiencia y la eficacia de la gestión de su CI y a la

vez, contribuyan a mejorar su desempeño. La valoración del CI esta basada de múltiples medidas que dependen de la calidad de la información (IQ). Sin embargo, la IQ hasta nuestra revisión, no ha sido considerada dentro de los modelos de valoración de CI a pesar de que la IQ ha sido ampliamente estudiada desde múltiples estudios lo que ha llevado a la comunidad a proponer múltiples metodologías (Stvilia, 2007; Ge, 2011, Moges, 2013) y crear la norma ISO/IEC 25012 para su manejo. Por lo anterior, nosotros consideramos que la influencia de la IQ sobre la valoración del CI y por consiguiente del CE permite realizar una toma de decisiones mejor informadas y a develar necesidades de mejoramiento en los procesos de la organización con el fin de obtener medidas de valoración con menor incertidumbre y mejorar el desempeño organizacional. Adicionalmente, no se reportan modelos de CI que consideren el contexto organizacional como variables que afectan su valoración.

En este artículo se aborda esta problemática considerando el componente CE del CI, presentando un modelo para su valoración en IES, el cual está basado en el modelo de fusión de datos JDL (Steinberg et al., 1991), la calidad de la información y el contexto con el fin de entregar al usuario valoraciones con menor incertidumbre, lo cual permite la toma de decisiones con información con mas baja incertidumbre. Los principales aportes del modelo propuesto corresponde a la inclusión de nuevos criterios para la valoración del CE en las IES, la definición de criterios para valoración de la IQ en el marco de la información disponible en las IES y la estrategia global de fusión de datos para disminuir la incertidumbre basada en la IQ considerando los 6 niveles del modelo de fusión de datos para aplicaciones militares JDL. La funcionalidad del modelo fue descrita y ejemplificada en el marco de una estructura organizacional resumida y común a múltiples Universidades Colombianas considerando diferentes niveles de IQ, lo cual permitió demostrar su potencialidad respecto a otros modelos que valoran el CE. 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 su metodología de uso. En la sección 3 se ejemplifica el uso del modelo propuesto. Finalmente, en la sección 4 son presentadas las conclusiones y trabajo futuro.

2. Materiales y métodos

2.1. Capital estructural

El capital estructural es uno de los tres componentes del modelo intellectus y evalúa el activo intangible proveniente de la cultura y recursos intelectuales acumulados de la organización tales como procesos, conocimiento, capacidades, tecnología entre otros (Secundo et al., 2016) que soportan y gestionan los demás componentes del capital intelectual. Particularmente en las IES el CE permea las funciones sustantivas (docencia, investigación y extensión) permitiendo gestionarlos para obtener desempeños deseados, certificaciones y acreditaciones (Cricelli, 2018).

2.2. Modelo JDL

El modelo JDL es el más utilizado en el campo de fusión de datos y fusión de la información. Este modelo consta de 6 niveles de procesamiento como se ilustra en la

Figura 1 y que 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: aquí 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 e información el cual interviene a lo largo de toda la cadena de procesamiento.

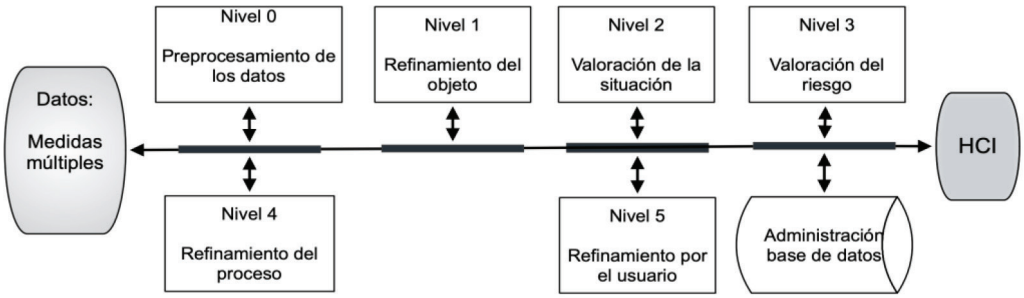


Figura 1 – Modelo JDL

3. Modelo propuesto

En la Figura 2 se muestra la arquitectura del modelo de fusión de datos propuesto para la valoración del capital estructural. A diferencia del modelo JDL descrito en la sección anterior este cuenta con un bloque para la valoración de la calidad de la información el cual realiza trazabilidad de la IQ a lo largo de toda la cadena de procesamiento. Además cuenta con una sección de identificación del contexto lo cual resulta en un apoyo fundamental para la dinámica y contextualización de la valoración del capital estructural. A continuación se explica cada nivel del modelo propuesto: i) Nivel 0: en este seleccionan los datos, se filtran eliminando datos defectuosos o atípicos y se aplican técnicas para aproximar datos inexistentes o eliminados basados en históricos de información. ii) Nivel 1: En este nivel se calculan características basadas en las medidas obtenidas en los diferentes departamentos de la IES y se utilizan técnicas de transformación de los datos que permiten develar o representar la dinámica subyacente del fenómeno comportamental del capital estructural en las diferentes dependencias a través del tiempo. Las características que se proponen en este modelo son presentadas en la siguiente subsección. Adicionalmente en este nivel, se aplican técnicas de predicción con el fin de identificar agentes generadores de valor del capital estructural y se realizan identificaciones de objetos del contexto que pueden afectar los siguientes

niveles del modelo. iii) Nivel 2: en este se realiza la valoración de la situación en donde usando técnicas de clustering se identifican relaciones entre los diferentes agentes y características identificadas en los niveles anteriores. También se aplica un sistema de inferencia difusa (FIS) para establecer reglas dadas por expertos que establezcan la valoración de la situación y del riesgo en conjunto teniendo en cuenta la IQ a lo largo de toda la cadena de procesamiento. iv) Nivel 3: usando el FIS aplicado en el nivel anterior se valora el impacto y/o el riesgo de los resultados obtenidos de la valoración del capital estructural considerando resultados obtenidos de predictores en ventanas de tiempo y la valoración de la calidad de la información. v) Nivel 4: en este nivel se ejecutan ajustes con el fin de refinar el procesado de los datos basado principalmente en los requerimiento de usuario respecto a la IQ. vi) Nivel 5: el usuario complementa el refinamiento del proceso manualmente es opcional y su intervención puede limitarse a establecer sus requerimientos para poder optimizar el proceso.

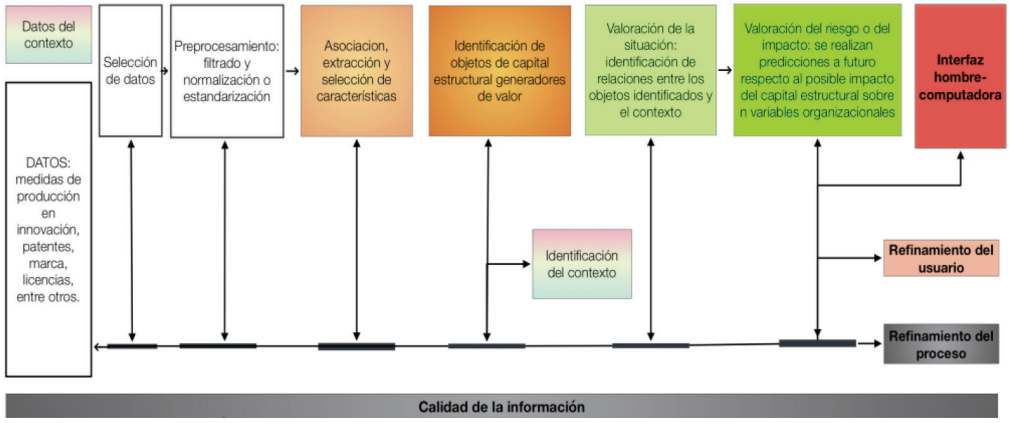


Figura 2 – Modelo propuesto para la valoración del capital estructural

En la figura 3 se muestra la metodología a seguir la para la ejecución del modelo. Primero se debe analizar la IES y realizar agrupaciones ya sea por dependencias o por funciones sustantivas. Luego se procede a la adquisición de las medidas en cada uno de los grupos. Para modelar el sistema de valoración de la calidad de la información se debe adicionar imperfección a los datos generando diferentes bases de datos con la valoración respectiva de la calidad de la información. El modelado se realiza de acuerdo a lo explicado en la subsección anterior y se ejecuta de manera local siguiendo lase tapas de la metodología. Luego se realiza el preprocesamiento de los datos realizando filtrado y normalización de los mismos. También se puede requerir aplicar técnicas de predicción para estimar los datos perdidos. Se jerarquizan los grupos y la información como parte de la información del contexto en conjunto con información de las características diferenciadoras de cada grupo. En paralelo se puede realizar la identificación de las medidas relevantes para valorar el CE en cada grupo realizando un análisis de relevancia aplicando técnicas estadísticas o técnicas de selección de características ponderadas para determinar el nivel de relevancia y/o la cantidad de información entregada por cada medida. Luego se realiza

la valoración del CE por grupo y de manera global a partir de las métricas establecidas para cada criterio de valoración del CE sin considerar el contexto y en paralelo se realiza lo propio, para valorar el contexto de manera local y global. Finalmente, se construye un sistema de inferencia difuso para valorar la situación y el riesgo/impacto a partir de la información obtenida del contexto, la valoración del CE y la IQ, lo cual permite entregar un valoración del CE mas objetiva e informada de manera global pero con trazabilidad en lo local. Mas adelante se ejemplifica el funcionamiento del modelo y la metodología usando un ejemplo detallado para las IES.

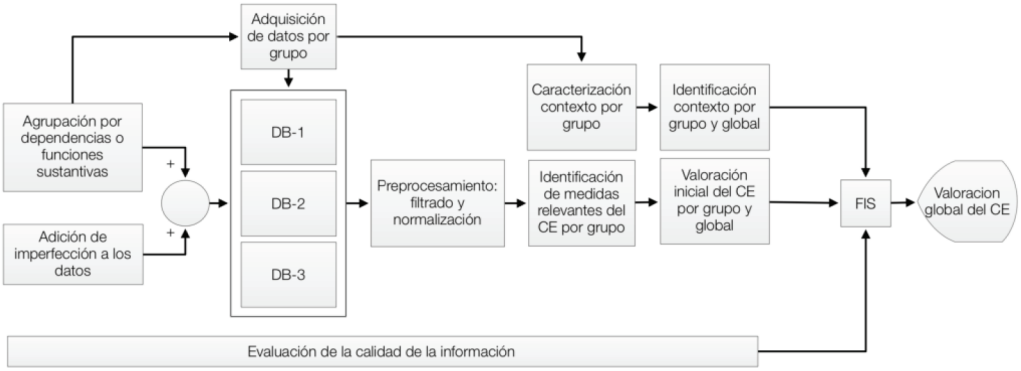


Figura 3 – Metodología del modelo propuesto

3.2. Criterios para valoración del capital estructural

En la Tabla 1 se presentan los criterios y métricas para la valoración del CE en las IES. Estos están basados en los criterios reportados en (Cricelli et al. 2018; Londoño et al, 2018) y se propone un set de criterios y métricas los cuales están enfocados a la medición de modelos aplicados, metodologías aplicadas y repositorios como herramienta de colección y publicación de tesis.

Criterio	Métrica	Métrica	Métrica	Métrica
Recursos financieros asignados	Recursos financieros asignados por el gobierno o entes de apoyo a la educación estatales	Recursos financieros asignados por el entidades privadas	Recursos financieros derivado de actividades de extension	Recursos financieros derivados de pago de matriculas
Número de revistas con que cuenta la Universidad	Número de revistas en scimago (suma ponderada)	Número de revistas indexadas en indices diferentes a scimago (sumatoria ponderada considerando el índice)	Número de revistas no indexadas	Todas la métricas deben ir ponderadas considerando el crecimiento en ventanas de tiempo

Criterio	Métrica	Métrica	Métrica	Métrica
Número de programas	Número de programas tecnológicos	Número de programas profesionales	Número de programas de maestría	Número de programas de doctorado
Número de grupos de investigación categorizados por colciencias	Número de grupos A1	Número de grupos A2	Número de grupos B	Número de grupos C
	Número de grupos de investigación reconocidos	Número de grupos de investigación no reconocidos		
Repositorios	No. de tesis de pregrados en los repositorios de la Universidad	No. de tesis de especialización en los repositorios de la Universidad	No. de tesis de maestría en los repositorios de la Universidad	No. de tesis de doctorado en los repositorios de la Universidad
Incentivos a la investigación	Cantidad de recursos dedicados a I+D	Presupuesto empleado en inversiones bibliográficas		
Patentes	Nº de patentes disponibles	Tasa de retorno de la inversión en patentes de los últimos cinco años	Ingresos medios procedentes de productos y procesos patentados	
Licencias	Total de licencias	Vida útil media de las licencias	Ingresos obtenidos por licencias concedidas	Nº de licencias concedidas
Marcas	Nº de marcas registradas	Nº de productos que exhiben la marca registrada		
Proyectos de innovación	Nº de proyectos de I+D+i en desarrollo	Duración media de los proyectos de I+D+i	Nº de aplicaciones piloto desarrolladas	Nº de proyectos innovadores
Personal dedicado a la innovación	Nº de investigadores de I+D+i	Personal de apoyo en I+D+i	Nº de sugerencias de nuevos productos, procesos y aplicaciones	Nº de sugerencias implantadas
Comunicación de los resultados de investigación	Memorias de investigación	Producción de libros, capítulos con con ISBN.	Valoración sobre accesibilidad a la información (encuestas de opinión)	Actividades de comunicación para la difusión del conocimiento tácito
	Conocimiento sobre creación y mantenimiento de cadenas de valor	Conocimiento de indicadores de la investigación aplicado y transferencia	Conocimiento de la gestión del proceso de transferencia del conocimiento	Conocimiento relativo a la gestión administrativa de proyectos y contratos

Criterio	Métrica	Métrica	Métrica	Métrica
Modelos y Metodologías	Número de modelos, metodologías ejecutados dentro de la institución	Número de modelos y metodologías de optimización ejecutados en la institución	Número de modelos y metodologías vendidas anualmente	Número de modelos o metodologías aplicados a la evaluación de de la capacidad instalada
	Número de modelos o metodologías para medir el desempeño	Número de planes de mejoramiento por dependencias ejectuados bajo un modelo o metodología	% de cumplimiento de los planes de mejoramiento ejecutados bajo un modelo o metodología	Modelos y metodologías dedicados a la valoración de la información y su calidad
	Número de modelos en ejecución para el complimiento de normas ISO	Número de modelos para establecer la capacidad instalada y de creación de valor de los activos intangibles y activos ocultos	Modelos o metodologías en ejecución con capacidad de adaptación	Modelos o metodologías para la optimización del uso de los recursos físicos
	Modelos o metodologías en ejecución para medir la eficiencia y aprovechamiento de los activos tangibles	Valoración del desempeño de los modelos en ejecución o ejecutados por la institución		

Tabla 1 – Criterios y métricas para la valoración del CE

3.3. Valoración local del capital estructural

La valoración local del CE es realizada aplicando las métricas expuestas en la tabla 3 para valorar cada criterio. Los criterios con sus respectiva métricas deben ser seleccionados considerando la función de cada grupo, el cual podría ser un departamento, una facultad, un grupo de investigación etc. La valoración local del CE para cada nivel de fusión de datos se lleva a aplicando la siguiente ecuación: $VLCE_L = \sum a_n VLCE_{nL}$ donde $VLCE_{nL} = \sum w_i Cr_i$ y n es el grupo, L el nivel del modelo de fusión de datos, a_n es la ponderación dada a cada grupo, Cr_i el i-ésimo criterio a evaluar, w_i el factor de ponderación del criterio respectivo. Cada criterio es evaluado a partir de las métricas como por $Cr_i = \sum p_i * metrica_j$ donde $metrica_j$ corresponde al j-esima métrica establecidas para evaluar el respectivo criterio y p_i corresponde al factor de ponderación de cada una de las métricas.

3.4. Criterios de calidad de la información

La IQ es una variable multidimensional la cual es caracterizada por múltiples criterios y su selección depende de la aplicación y de los requerimientos de usuario (Mendes, 2012). Cada criterio debe ir en concierto con las métricas usando información del contexto. Los

criterios y medidas no son necesariamente independientes entre ellos, por lo cual se debe realizar un análisis de dependencia para evitar conflictos entre las variables y efectos negativos sobre la valoración de la IQ. Además se debe considerar la existencia de una jerarquía entre los criterios teniendo en cuenta el contexto, aplicación y usuario (Rogova, 2010) y su selección debe considerar el costo de su valoración (Haug, 2011). En este modelo se propone el uso de la metodología "*Total Data Quality Management-TDQM cycle*" la cual se compone de 4 etapas principales: i) Definición: esta identifica las necesidades del usuario y establece los criterios de calidad. ii) Medición: determina y aplica las métricas de calidad. iii)Análisis: identifica los problemas e impacto de las medidas de calidad. iv) Mejoramiento: realiza diferentes procedimientos para mejorar la calidad de la información (Wang, 2002). Esta metodología fue aplicada en un ambiente de fusión de datos para interfaces humano computador (Becerra et al, 2018) para lo cual en este modelo se sugiere seguir un procedimiento similar. En la Tabla 2 se presentan los criterios de IQ con sus respectivas métricas propuestas para cada uno de los niveles del modelo. Estas fueron seleccionadas teniendo en cuenta el tipo de datos que manejan las IES, que en su mayoría son datos numéricos de acuerdo a los criterios para la valoración del CE y datos del contexto los cuales son datos estructurados de tipo texto o numérico o datos cualitativos.

Nivel	Criterio	Métrica
L0	*Precisión*	*Atributos del dato para una adecuada discriminación en el contexto.*
L0	*Consistencia*	*Distancia de los datos obtenidos desde diferentes fuentes (dependencias) y que se encuentre dentro del rango.*
L0	*Verificabilidad*	*Es el nível de la posibilidad de testear la correctitud de los datos.*
L0	*Reputación*	*Reputación de la fuente desde donde fueron obtenidos los datos.*
L0	*Volatibilidad*	*Rango de tiempo durante el cual la información tiene validez*
L0	*Naturalidad*	*Es la proximidad del dato al contexto.*
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 predictor a partir de su análisis*
L2	*Reputation*	*Ponderación dada a las reglas en el FIS.*
L2-L3	*Calidad Local*	$QL= \sum_{1}^{n} WnQn$ *donde Qn corresponde al vector de critérios de calidad*
L2–L3	*Calidad Global*	$QG= \sum_{0}^{3} WiQLi$

Tabla 2 – Criterios y Métricas de calidad de la información

3.5. Valoración y trazabilidad de la calidad de la información

La valoración de la calidad de la información es ejecutada estimando los criterios presentados en la Tabla 2 a partir de sus respectivas métricas representadas por el vector q (contiene las métricas de calidad para cada dato) y calculando la calidad de la

información por cada nivel. Las IQ_L (calidades locales) para el nivel 0 (IQ_{Lo}) y 1 (IQ_{L1}) es calculada usando la ecuación (1) pero ajustando los parámetros de ponderación (w_{xy}) para cada nivel. El nivel 2 y 3 aplican la ecuación (2) pero con sus respectivos parámetros de ponderación y métricas de calidad q. El número de métricas s puede diferir entre cada nivel.

$$IQ_{Lo} = w_{G1} IQ_{Lo-G1} + w_{G2} IQ_{Lo-G2} + \ldots + w_{Gn} IQ_{Lo-Gn} \quad (1)$$

Donde w_{Gn} corresponde a la ponderación dada a cada grupo como aporte al capital estructural, los IQ son definidos como

$$IQ_{Lo-G1} = w_{11} q_{G11,cr} + w_{12} q_{G12,cr} + \ldots + w_{1m} q_{G1m,cr},$$
$$IQ_{Lo-G2} = w_{21} q_{G21,cr} + w_{22} q_{G22,cr} + \ldots + w_{2p} q_{G2p,cr},$$
$$IQ_{Lo-Gn} = w_{n1} q_{Gn1,cr} + w_{n2} q_{Gn2,cr} + \ldots + w_{nr} q_{Gnr,cr},$$

donde m, p y r son el número total de métricas establecidas para el grupo 1, 2 y n respectivamente. Cr corresponde al criterio evaluado por el conjunto de métricas.

$$IQ_{L2} = w_{11} q_{11,,cr} + w_{12} q_{12,cr} + \ldots + w_{1s} q_{1s,cr} \quad (2)$$

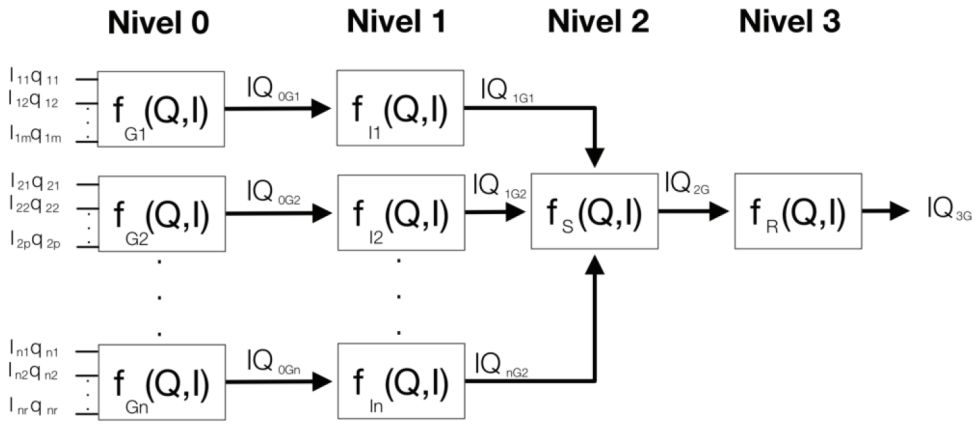


Figura 4 – Trazabilidad de la calidad de la información

La trazabilidad de la IQ es llevada a cabo a partir de la generación de funciones que relacionan las entradas y la valoración de su calidad respecto a las salidas y su calidad. Lo anterior se realiza en todos los niveles como se ilustra en la figura 4. En el nivel 0 y el nivel 1 se obtiene una función para cada grupo (función sustantiva o dependencia). En el nivel 2 se integran como entradas todas las salidas de todos los grupos obtenidas en el nivel 1. En el nivel 3 se toman como entradas las salidas del nivel 2. Estas funciones permiten

realizar una predicción de la calidad de la información, mantener una trazabilidad y poder realizar procesos de optimización para mejorar las IQ en las salidas de cada uno de los niveles del modelo propuesto.

3.6. Valoración global del capital estructural

La valoración global del capital estructural es llevada a cabo a partir de la evaluación de un conjunto de reglas que utilizan unos antecedentes que consideran los resultados obtenidos de las valoraciones locales del modelo de fusión de datos tanto de la calidad de la información como de la valoraciones locales del CE. Estas reglas son reglas difusas establecidas a partir de un conocimiento experto y son expresadas como se muestra en la siguiente regla general $\text{Si } VLCE_0 \text{ es A1 y } VLCE_1 \text{ es B1 y } VLCE_2 \text{ es C1 y } IQ_{L0} \text{ es D1 y } IQ_{L1} \text{ es E1 y } IQ_{L2} \text{ es F1 y } IQ_{L3} \text{ es G1 y Contexto es H1 y Riesgo es K1, Entonces } CE = Rx,$ donde A1, B1, C1, D1, E1, F1, G1, H1 y K1 son las categorías de la funciones de membresía de entrada para cada variable y Rx es la categoría de las funciones de membresía de salida. Las reglas se deben establecer a partir del conocimiento experto y considerando todas la posibilidades respecto a las categorizaciones de entrada y salida. Finalmente, bajo un histórico de información de información suficientemente amplio las reglas pueden ser refinadas usando técnicas como los sistemas de inferencia neuro-difuso adaptativo o un razonador basado en casos.

4. Ejemplo de valoración del CE usando el modelo propuesto

Para determinar la valoración del CE global se debe seguir la metodología presentada en la figura 3. Nuestro ejemplo viene de la experiencia y conocimiento de mas de 20 años como docentes y administrativos en IES de Colombia a partir de lo cual se toman como ejemplo la generalidad presentada de forma resumida de las estructuras organizacionales de las IES en que se involucra el CE (ver figura 5).



Figura 5 – Estructura organizacional resumida y común a múltiples IES

Teniendo en cuenta la estructura organizacional presentada en la figura 5, primero se debe recolectar las medidas para la valoración del CE en cada dependencia a partir de una previa caracterización y se procede a realizar las medidas de calidad considerando el nivel 0 del modelo para los datos sin procesar. Luego se procede aplicar técnicas de pre-procesamiento para detectar datos faltantes, realizar imputaciones, normalización, estandarizaciones y estructurar la información. Adicionalmente, cada dependencia debe ser caracterizada en su contexto. Luego se evalúa la IQ de los datos pre-procesados, los resultados de las evaluaciones de IQ deben ser almacenados en una base de datos conectada a los datos en sus diferentes niveles de procesamiento. Técnicas de reconocimiento de patrones como redes neuronales son aplicadas para identificar patrones a partir de los datos recolectados en el nivel 1. Así en cada dependencia se tiene valoraciones en el nivel 0 y el nivel en conjunto con su respectiva valoración del contexto y de la calidad de la información. Luego se deben establecer un conjunto de reglas para establecer la situación y el riesgo y la valoración del CE considerando los resultados anteriores (contexto, IQ, situación y riesgo) lo cual es llevado bajo valoraciones obtenidas de expertos en CE de las IES usando el método DELPHI o similar. Finalmente, el sistema experto es implementado usando un sistema de inferencia difuso el cual entregará la valoración del CE al usuario final. Los resultados de las valoraciones de la IQ en cada nivel es utilizado para la construcción de una función de regresión por cada nivel las cuales son utilizadas para optimizar la calidad de la información durante el procesamiento ajustando los parámetros libres de las técnicas procesamiento aplicadas. Como técnicas de optimización se recomienda el uso de algoritmos heurísticos multi-objetivo con el fin de optimizar simultáneamente varios criterios de IQ de acuerdo a los requerimientos de usuario.

4. Conclusiones y trabajo futuro

En este artículo se propone un modelo para la valoración del CE, el cual está basado en la calidad de la información y el modelo de fusión de datos JDL. En el estudio se presentan y proponen nuevos criterios para la valoración del CE y se establecen un conjunto de criterios de calidad de la información para evaluar la IQ en cada nivel del modelo propuesto, donde se destaca la valoración de la situación a y el riesgo e impacto como factores relevantes para la valoración del CE. La aplicación del modelo es descrita considerando la estructura organizacional típica de una IES de Colombia y se muestra la funcionalidad de cada uno de niveles y la valoración y trazabilidad de la calidad de la información para optimizar el procesamiento de los datos y lograr entregar al usuario final valoraciones del CE mejor informadas decrementando el nivel de incertidumbre. 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 valoraciones del CE longitudinalmente. Además se debe validar con datos reales en diferentes IES para comprobar su generalidad. Finalmente, este modelo puede ser ampliado para la valoración del capital humano y el capital relacional en las universidades.

Referencias

Becerra M.A., Alvarez-Uribe K.C., Peluffo-Ordoñez D.H. (2018) Low Data Fusion Framework Oriented to Information Quality for BCI Systems. In: Rojas I., Ortuño F. (eds) Bioinformatics and Biomedical Engineering. IWBBIO 2018. Lecture Notes in Computer Science, vol 10814. Springer, Cham

Bezhani, I. (2010). Intellectual capital reporting at UK universities. Journal of Intellectual Capital, 11(2), 179–207. https://doi.org/10.1108/14691931011039679

Bratianu, C. (2009). THE INTELLECTUAL CAPITAL OF UNIVERSITIES. Annals of the University of Oradea: Economic Science (Vol. 1).

Bueno, E., Ortega, P. M., Pomeda, J. R., & Torre, M. Á. L. D. La. (2003). Gestión del Conocimiento en Universidades y Organismos Públicos de Investigación. Universidad de Madrid, 15–57.

Bueno, E., Salmador, M. P., & Longo-Somoza, M. (2014). Advances in the identification and measurement of Intellectual Capital and future developments in the Intellectual Capital research agenda: experience of the Intellectus Model and proposal of a synthetic index. Knowledge Management Research & Practice, 12(3), 339–349.

Cañibano, M. L., & Sanchez, P. (2008). Intellectual Capital Management and Reporting in Universities and Research Institutions Intellectual Capital Management and Reporting in Universities and Research Institutions 1, 26(December 2005), 7–25.

Cricelli Livio, Greco Marco, Grimaldi Michele, Llanes Dueñas Leidy Paola, (2018) "Intellectual capital and university performance in emerging countries: Evidence from Colombian public universities", Journal of Intellectual Capital, Vol. 19 Issue: 1, pp.71-95.

Ge Mouchi, Helfert Markus,and Jannach Dietmar. 2011. Information Quality Assessment: Validating Measurement. In ECIA 2011 Proceedings. 19th European Conference on Information Systems - ICT and Sustainable Service Development, ECIS2011,Helsinki,Finland.

Haug, A., Haug, A., Zachariassen, F., van Liempd, D.: The costs of poor data quality. J. Ind. Eng. Manag. 4(2), 168–193 (2011)

Kianto, A. (2007). What do we really mean by dynamic intellectual capital? International Journal of Learning and Intellectual Capital (Vol. 4). https://doi.org/10.1504/IJLIC.2007.016332

Londoño Montoya Erika María, Mora González Beatriz, Tobón Montoya Henry, Becerra Botero Miguel Alberto, Cadavid Juan Sebastian, (2018). Modelo de Capital intelectual para la función de investigación en las universidades colombianas, Revista Opción, Vol. 34 (2018), ISSN: 1012-1587

Mendes, P.N., Mühleisen, H., Bizer, C.: Sieve: linked data quality assessment and fusion, pp. 116–123 (2012)

Moges Helen-Tadesse, Dejaeger Karel, Lemahieu Wilfried, and Baesens Bart. 2013. A multidimensional analysis of data quality for credit risk management: New insights and challenges. Information & Management 50, 1 (jan 2013), 43–58. https://doi.org/10.1016/J.IM.2012.10.001

Parshakov, P., & Shakina, E. A. (2017). With or without CU: A comparative study of efficiency of European and Russian corporate universities. Journal of Intellectual Capital, 19(1), 96–111.

Ramirez-Corcoles, Y., & Manzaneque-Lizano, M. (2015). The relevance of intellectual capital disclosure: empirical evidence from Spanish universities. Knowledge Management Research & Practice, 13(1), 31–44.

Rogova, G.L., Bosse, E.: Information quality in information fusion. In: 2010 13th International Conference on Information Fusion, pp. 1–8 (2010)

Santos Peñalver, J. F., Tejada Ponce, Á., & Ramírez Córcoles, Y. (2011). Intellectual capital in Spanish public universities: stakeholders' information needs. Journal of Intellectual Capital, 12(3), 356–376.

Secundo, G., Dumay, J., Schiuma, G., & Passiante, G. (2016). Managing intellectual capital through a collective intelligence approach. Journal of Intellectual Capital, 17(2), 298–319. https://doi.org/10.1108/JIC-05-2015-0046

Steinberg A., Bowman C., and White F. (1991). Revisions to the JDL Data Fusion. Data Fusion Lexicon by JDL (1991).

Stvilia, B., Gasser, L., Twidale, M.B., Smith, L.C.: A framework for information quality assessment. J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol. 58(12), 1720–1733 (2007)

Torres-Narváez M, Cruz-Velandia I, H.-J. J. (2014). Gestión del conocimiento: experiencias de instituciones académicas y hospitalarias, 12(2), 169–181.

Veltri, S., Mastroleo, G., & Schaffhauser-Linzatti, M. (2014). Measuring intellectual capital in the university sector using a fuzzy logic expert system. Knowledge Management Research & Practice, 12(2), 175–192.

Veltri, S., & Silvestri, A. (2011). Direct and indirect effects of human capital on firm value: evidence from Italian companies. Journal of Human Resource Costing & Accounting, 15(3), 232–254.

Wang, Y.R., Ziad, M., Lee, Y.W.: Data Quality. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (2002)

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

Recebido/Submission: 20/11/2019
Aceitação/Acceptance: 30/01/2020

Optimización de la recolección de residuos sólidos urbanos bajo un enfoque de Sistemas de Información Geográfica, un estudio de caso

Juan C. León-Jácome[1], Israel D. Herrera-Granda[1, 2], Leandro L. Lorente-Leyva[1], Yakcleem Montero-Santos[1], Erick P. Herrera-Granda[1], Daisy E. Imbaquingo Esparza[1, 3], José G. Jácome León[4]

jcleonj@utn.edu.ec, idherrera@utn.edu.ec, lllorente@utn.edu.ec, ymontero@utn.edu.ec, epherrera@utn.edu.ec, deimbaquingo@utn.edu.ec, jgjacome@utn.edu.ec

[1] Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte, 100150, Ibarra, Ecuador.

[2] Escuela de Doctorado en Ingeniería y Producción Industrial, Universidad Politécnica de Valencia, 46022,Valencia, España.

[3] Instituto de Posgrado, Universidad Nacional de la Plata, 1900, La Plata, Argentina. [4] Carrera de Ciencias Administrativas y Económicas, Universidad Técnica del Norte, 100150, Ibarra, Ecuador.

Pages: 479–493

Resumen: El presente trabajo muestra una propuesta de rutas de recolección de residuos sólidos urbanos para el cantón Ibarra, utilizando conceptos de distritación territorial para nivelar la carga de trabajo entre los camiones recolectores y asegurar el acceso de todos los moradores al servicio de recolección. En esta propuesta se implementan 11 microrutas de recolección considerando aspectos como tasas de generación de residuos, frecuencias de recolección y costos operacionales de los camiones. Para ello, en los primeros pasos se consolidó una base de datos geográfica actualizada y a continuación se procesa dicha información en el Sistema de Información geográfica Arc-GIS bajo el enfoque de arcos capacitados, los resultados obtenidos se contrastan con el modelo actualmente establecido en el cantón a través de indicadores de costo por tonelada recolectada en cada ruta de recolección, pasando de un costo medio de 37,53 $/t a un costo medio de 8,27 $/t con la presente propuesta, además de un balance en los mencionados costos.

Palabras-clave: SIG, Residuos sólidos urbanos, Optimización, Rutas, Planificación territorial, Logística, Desarrollo sostenible

Optimization of urban solid waste collection under a Geographic Information Systems approach, a case study

Abstract: The present work shows a proposal of urban solid waste collection routes for the Ibarra city, using territorial districting concepts to level the workload among the collection trucks and ensure access to the collection service for all residents. In this proposal, 11 micro collection routes are implemented, considering aspects such as waste generation rates, collection frequencies and operational costs of the trucks.

To this end, in the first steps an updated geographic database is consolidated and then this information is processed in the Arc-GIS under the focus of capacited arcs. The results obtained are contrasted with the model currently established in the canton through indicators of cost per ton collected in each collection route, going from an average cost of 37.53 $/t to an average cost of 8.27 $/t with the present proposal, as well as a balance in the mentioned costs.

Keywords: Urban solid waste, Optimization, Routes, Territorial planning, Logistics, Sustainable development

1. Introducción

Actualmente el crecimiento industrial y productivo ha sido un eje fundamental para el desarrollo de nuestra sociedad. Sin embargo, debido al incremento poblacional que cada vez es más significativo con el pasar de los años, se ha producido un aumento en la generación diaria de residuos sólidos urbanos (RSU). Es nuestro deber como ciudadanos, tener una cultura de organización y respeto a la naturaleza.

Las grandes ciudades en las que se están desarrollando obras de crecimiento industrial, están generando un alto consumo de productos de un solo uso o descartables, debido a una creciente cultura de consumismo. Por ello, dichas ciudades deben procurar un buen manejo del sistema de recolección y tratamiento de los RSU que generan sus moradores, de modo que se pueda brindar un mayor nivel de servicio posible en operaciones de recolección y a un bajo costo, para que ese modo estas no se tornen en un problema ambiental y social.

Según la Secretaria de Desarrollo Social de México (SEDESOL), apenas el 43% de las ciudades realizan un diseño a través de un método técnico para llevar a cabo la recolección de sus RSU. Además, el 26,67% de las ciudades disponen de rutas eficientes de recolección y un 73,33% no son suficientes" (SEDESOL 1999).

1.1. Revisión del uso de Sistemas de Información Geográficos para optimizar la recolección de RSU

Dentro del ámbito de la optimización de las rutas de recolección de RSU uno de los principales aspectos que se busca reducir es la distancia total recorrida por el camión recolector. Para ello, diferentes trabajos han sido llevados cabo exitosamente utilizando sistemas de información geográfica (SIG), algunos de estos se han combinado con otras técnicas como por ejemplo, Rada et al., demuestran la viabilidad de optimizar la recolección selectiva de RSU en varios entornos utilizando sistemas Web GIS (Rada, Ragazzi, & Fedrizzi, 2013). Así como también el uso del internet de las cosas (Lozano Álvaro, Villarrubia Gabriel, López Alberto, Hernández Daniel, Revuelta Jorge, 2016), además se destaca el uso de sistemas para identificación por radio frecuencia (RFID) (Cavdar, Koroglu, & Akyildiz, 2016), y de sistemas de comunicación en tiempo real (Titrik, 2016).

Amal et al., combinan los SIG con la optimización multi-criterio (Amal, Son, Chabchoub, & Lahiani, 2019), dentro de este mismo enfoque Rızvanoğlu et al., combinan el uso de SIG con programación lineal (Rızvanoğlu, Kaya, Ulukavak, & Yeşilnacar, 2020). Así

como también en el trabajo de Ferronato et al., se combina el uso de SIG con escenarios de clasificación de residuos reciclables en la misma fuente generadora, proporcionando importantes resultados (Ferronato, Preziosi, Gorritty Portillo, Guisbert Lizarazu, & Torretta, 2020).

Referencia	Metodologías utilizadas	Resultados	Lugar de la implementación
(Rada et al., 2013)	Sistemas Web GIS	Optimizaron el sistema de recolección de RSU en Italia en un 80% y comprueban la viabilidad de su aplicación en otros entornos con casos resueltos en China y Malasia	Trento, Italia
(Lozano Álvaro, Villarrubia Gabriel, López Alberto, Hernández Daniel, Revuelta Jorge, 2016)	Internet de las cosas (IOT)	Evaluaron una plataforma tecnológica en un ambiente real, logrando optimizar la recolección de RSM, mejoró el consumo de combustible de la flota vehicular e incremento su vida útil, además se generó información que puede ayudar a determinar las necesidades de la ciudad.	Málaga, España
(Cavdar et al., 2016)	Sistema inteligente de recogida de residuos sólidos (SSWCS) con sistemas de identificación por radio frecuencia (RFID)	Se demostró que con la implementación se reducirían entre 50 a 80% de los costos en servicios de sanidad	Turquía
(Titrik, 2016)	Sistema de información y comunicación basado en tiempo real y tecnología GIS	Reducción del vaciado innecesario de contenedores, vaciado de los contenedores a tiempo, reducción del impacto ambiental y mejora de la seguridad vial, mejoras en la ubicación de estaciones de recogida selectiva de residuos.	Győr, Hungría
(Amal et al., 2019)	Sistemas de información Geográfica: Arc-GIS_Network analyst y modelos para optimización multi-criterio,	Optimización del consumo de combustible, las emisiones de gases, la confiabilidad del servicio de recolección, la longitud del camino y la compatibilidad con la política energética nacional	Sfax, Tunez
(Rızvanoğlu et al., 2020)	Sistemas de información Geográfica y optimización mediante programación lineal	Optimización de hasta un 33% en los costos de transporte, y cronogramas óptimos de rutas	Haliliye, Turquía
(Ferronato et al., 2020)	SIG: QGIS3.8 y clasificación de residuos reciclables en la fuente generadora	Reducción de gastos operativos en un 10%, reducción de distancias recorridas por los camiones en un 7%, generación de fuentes de empleo.	La paz, Bolivia

Tabla 1 – Casos en los cuales se utiliza SIG para optimizar la recolección de RSU

Adicionalmente se debe mencionar al trabajo realizado por Rossit et al., en cuanto a las bondades visuales que brinda la aplicación de un SIG en la resolución de problemas de optimización de rutas vehiculares y que son sin duda un factor clave para determinar su aceptación e implementación definitiva (Rossit, Vigo, Tohmé, & Frutos, 2019). En este sentido, las características de los trabajos mencionados se esquematizan en la tabla 1.

Sin embargo, los factores que afectan a la viabilidad de la implementación de SIG y dispositivos basados en Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) son los altos costos de la inversión inicial para adquirirlos y muchas veces es necesario implementar también complejas redes de transmisión de datos para el posicionamiento de los vehículos recolectores en tiempo real. Sin embargo, esta inversión puede ser recuperada prontamente mediante los ahorros en costos de las operaciones de recolección de RSM (Faccio, Persona, & Zanin, 2011).

1.2. Caso del estudio: cantón Ibarra

El cantón Ibarra ubicado en la zona norte de Ecuador ha experimentado un sostenido crecimiento poblacional, en consecuencia, se ha visto envuelto en un alto índice de generación de RSU, ya que en cifras la tasa de crecimiento poblacional desde el año 2001 al 2010 según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) es de un 2.02% y 2.50% para las parroquias urbanas de Ibarra y San Antonio respectivamente, los cuales representan aproximadamente 140,000 habitantes (Castillo, 2015). Para el año 2019 la población de dicho cantón se ha incrementado cerca de 21% y como consecuencia también la generación de RSU del cantón Ibarra.

Uno de los ejes fundamentales que lleva a cabo el Plan Nacional de Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS) es: El Ecuador para el año 2017 estará libre de vertederos a cielo abierto. El Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) a través del PNGIDS trabaja de manera coordinada con los Gobiernos Autónomos Descentralizados y el Banco del Estado con el objetivo de lograr esta meta (Misi & Visi, 2013).

Según la reglamentación nacional vigente, el servicio de recolección de RSU es responsabilidad y obligación de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, y de llevar una gestión que fundamente la mejora continua en sus procesos de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos (Secretaría Nacional de la administración pública, 2014).

Actualmente, el cantón Ibarra está generando alrededor de 114,06 toneladas de RSU diarias. Por tal motivo, se ha establecido un servicio de recolección y tratamiento de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, el cual está dirigido por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra (GADSM-I).

A través de la Dirección de Salud y Medio Ambiente y su Unidad de Gestión de Desechos Sólidos, se está gestionando el servicio del sistema de recolección y transporte de los RSU del cantón Ibarra. Este sistema cuenta con 17 rutas designadas para la zona urbana de dicho cantón, incluyendo demás la parroquia de San Antonio, las cuales se encuentran atendidas por una flota vehicular de once camiones y una estación de transferencia en la zona denominada Socapamba (Moscoso, 2008), (Monteros Jarrín, 2019).

En el proceso de recolección se han aplicado varias metodologías para su mejora, según la demanda existente o la facilidad de adquisición de nueva tecnología. A partir del año 2018 el GADSM-I implementó el sistema de recolección de RSU por contenedores, el cual consiste en disponer una serie de contenedores ubicados en puntos estratégicos dentro de la zona urbana del cantón Ibarra para de ese modo recolectar los RSU que se generen en el perímetro urbano los cuales posteriormente serán transportados al lugar de disposición final o vertedero. Sin embargo, y pese a los esfuerzos del GADSM-I y de centros de investigación que han estudiado esta problemática (Herrera-Granda, Imbaquingo-Usiña, et al., 2019), los moradores del cantón Ibarra no han asumido totalmente la responsabilidad de depositar sus RSU en dichos contenedores, lo cual dificulta la determinación de rutas óptimas para los camiones recolectores e implica que dichos camiones un tienen que recolectar los RSU en las diferentes aceras de la zona urbana del cantón.

En este sentido, es posible evidenciar que desde la segunda mitad del año 2019 el actual servicio de recolección del cantón Ibarra carece de un estudio técnico en micro ruteo, apoyado por registros previamente elaborados que faciliten su ejecución. Por ello, el trabajo de elaboración de rutas se lo ha venido realizando de manera empírica, basado en el criterio y experiencia del jefe a cargo de las operaciones de limpieza del GADSMI-I, así como de los conductores a cargo de los camiones recolectores de RSU.

A causa de la inexistencia de estudios técnicos de micro ruteo, de caracterización o de generación, se dificulta la determinación de la tasa de generación de RSU por ruta, ocasionando que no se distribuya equilibradamente el trabajo entre las diferentes rutas. Como consecuencia, se generan vertederos clandestinos y/o contenedores rebosantes de basura, sobre carga de trabajo en las rutas y sus respectivos camiones recolectores, el uso de horas suplementarias, etc., todos los anteriores ocasionan la elevación de los costos en el servicio de recolección

El principal objetivo del presente trabajo es generar una propuesta optima de micro ruteo en el sistema de recolección de RSU la cual maximice el nivel de servicio hacia los moradores del cantón. Adicionalmente, se busca analizar la distribución y sectorización del área de estudio en concordancia con el proyecto de Distritamiento de las zonas de recolección para el cantón Ibarra (Herrera-Granda, León-Jácome, et al., 2019), con el fin de establecer las micro rutas en la zona urbana del cantón Ibarra, así como también comparar el costo- beneficio del micro ruteo propuesto con el que se encuentra actualmente establecido en dicho cantón, para de ese modo poder socializar los resultados con las partes involucradas.

En este sentido, se busca determinar la viabilidad técnica que tiene el micro ruteo de residuos sólidos para el cantón de Ibarra, generando así una buena planificación y organización del sistema de recolección, con un fin mayor hacia un desarrollo sostenible de dicho cantón.

Esta propuesta de micro ruteo se encuentra orientada a reducir costos operativos, incrementar infraestructura e incorporar nuevas tecnologías, que contribuyan al desarrollo social, económico y organizativo de la municipalidad. Enfocándose en minimizar la utilización de: rutas repetitivas, horas suplementarias de trabajo, distancia

recorrida y vehículos, y de esta manera incrementar la vida útil de los mismos y su productividad.

Según la agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible, en su objetivo número nueve, el cual expone lo siguiente: "De aquí a 2030, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas" (CEPAL, 2018).

Además, la aplicación de la presente propuesta conlleva a una cultura de manejo responsable de los RSU, mediante la eliminación o mitigación de los residuos acumulados en contenedores y lugares que los usuarios arrojan la misma clandestinamente a cielo abierto, siendo este un agente contaminante tanto visualmente como ambientalmente. En el objetivo once de la agenda 2030 enuncia acerca de este problema; "De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo" (CEPAL, 2018). Lo cual se podría alcanzar mejorando la vialidad e ininterrupción del flujo de vehículos ajenos al trabajo de recolección, además, que las operaciones de recolección se podrían realizar en horarios que no provoquen congestión vehicular.

Este proyecto está delimitado dentro de la red de recolección en las zonas urbanas: comerciales y residenciales del cantón urbano Ibarra. Tomando como base el artículo científico "Subregion Districting to Optimize the Municipal Solid Waste Collection Network: A Case Study" para la elaboración de las micro rutas. Siendo este artículo un proceso clave al momento de trazar e identificar la cantidad de rutas a elaborar en cada subzona. En dicho artículo se han definido: nueve subzonas residenciales y una zona comercial, cada una con una carga definida y un área delimitada(Herrera-Granda, León-Jácome, et al., 2019). El mencionado trabajo comprende un área de estudio delimitada para las parroquias de San Antonio y las parroquias urbanas de Ibarra: El Priorato, Alpachaca, San Francisco, El Sagrario y Caranqui, las cuales se comprenden 41,57 km^2 de superficie del cantón (Herrera-Granda, León-Jácome, et al., 2019) .

2. Materiales y Métodos

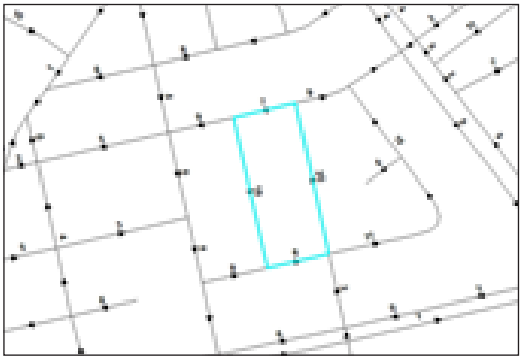


Figura 1 – Arcos Capacitados y Dirigidos de la Red Vial de Ibarra

Para llevar a cabo la resolución y análisis de las rutas es necesario conocer inicialmente la tasa de generación de residuos (PPC) en cada una de las subzonas con el fin de determinar el número de viajes que llevará a cabo el camión recolector en base a su capacidad. El depósito de camiones (Depot) será el punto inicio y fin de la ruta y la Estación de Transferencia ubicada en Socapamba (EHU) será el vertedero de disposición de desechos, como se muestra en la figura 2.

El problema del ruteo vehicular de camiones recolectores puede ser formulado como un problema del cartero chino (CPP), mediante la aplicación de arcos capacitados y dirigidos como se muestra en la Figura 1, lo que se pretende es encontrar una ruta que atraviese los arcos de la red vial al menos una vez y como resultado minimice los costos operativos asociados al servicio de recolección de residuos (Thimbleby, 2003), (Dai, Li, Sun, Xu, & Zhang, 2019).



Figura 2 – Elementos para la red de recolección del cantón Ibarra

Para el presente trabajo se comenzó a partir del modelo de subzonas definido por Herrera et al, el cual consiste en una distribución equitativa del territorio del cantón Ibarra en 9 subzonas residenciales y una comercial, esta distribución considera aspectos como los crecimientos poblacionales del cantón, así como también sus tasas de generación y políticas definidas en el PDOT del cantón, así como también restricciones del relieve, entre otros, de modo que esta propuesta a nivel macro territorial busca optimiza los objetivos: equilibrar la carga de trabajo entre las distintas subzonas, reducir los costos operacionales y aumentar el nivel de servicio en las operaciones de recolección efectuadas a nivel urbano en el cantón(Herrera-Granda, León-Jácome, et al., 2019). Un esquema del mencionado modelo se muestra en la figura 3.

A partir del modelo propuesto por Herrera et al. (Herrera-Granda, León-Jácome, et al., 2019), se trabajará con SIG para definir las rutas vehiculares en cada subzona de forma óptima. El software ArcGis V10.5 presenta en sus complementos una herramienta

llamada Network Analyst la cual permite analizar y diseñar rutas de recolección contemplando parámetros y restricciones para estructurar las mismas.

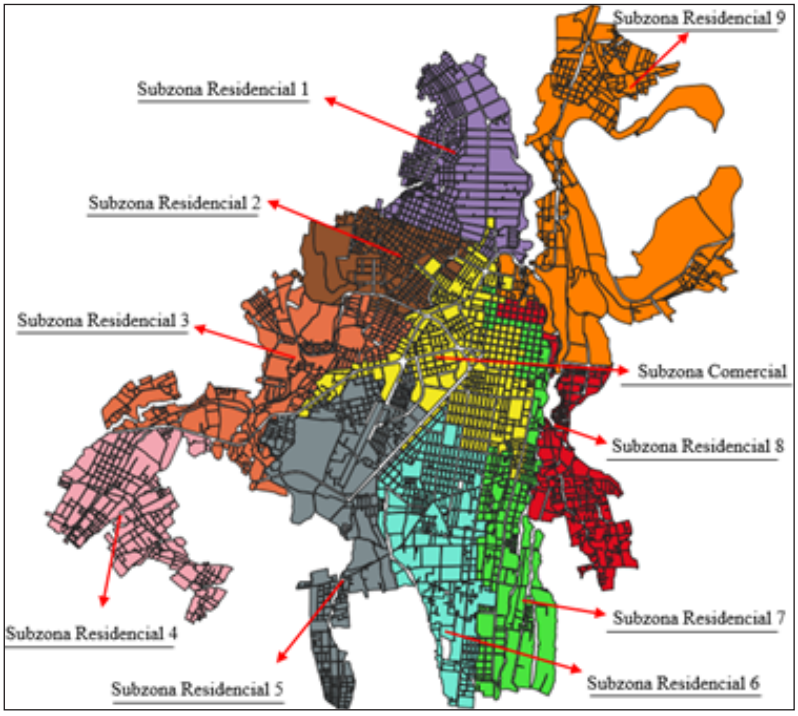


Figura 3 – Modelo de distritos de recolección para el cantón Ibarra

2.1. Información de entrada

Como se había mencionado previamente es necesario conocer la cantidad generada de residuos por cada subzona, en la tabla 1 se detalla la generación de residuos en toneladas para cada una de las zonas tanto residenciales como en la comercial.

Subzona	Residuos Generados (t/día)
Zona residencial 1	13,56
Zona residencial 2	13,11
Zona residencial 3	13,67
Zona residencial 4	12,41
Zona residencial 5	15,38
Zona residencial 6	12,42
Zona residencial 7	12,4

Subzona	Residuos Generados (t/día)
Zona residencial 8	12,7
Zona residencial 9	13,36
Zona comercial	23,42
Total	**142,43**

Tabla 2 – Generación de RSU en el cantón Ibarra

2.2. Parámetros empleados en el diseño de las micro rutas

Para el diseño de las microrutas en las cuales circularán los camiones dentro de cada subzona son necesarios los atributos de la red vial y los campos de entrada, dos parámetros esenciales para la estructuración y definición del modelo de ruteo. Además, los atributos generados en la "Tabla de Atributos" de la red vial se detallan a continuación:

- **Topología de la red vial:** en la corrección topográfica nos permite conectar todos los arcos en sus vértices, con el fin de habilitar el paso en cada arco conectado en toda la red vial.
- **Medición del ancho de las vías (m):** nos permite saber si el camión recolector puede atravesar la vía sin problemas de obstaculización, en caso de tener problemas se generará una restricción de paso por dicho arco.
- **Longitud de la vía (m):** conocer la distancia que va a ser recorrida por el camión recolector.
- **Jerarquía:** define el tipo de vía que tendrá mayor prioridad de paso al momento de resolver en el software.
- **Velocidad (km/h):** es la velocidad de operación del camión tomando en cuenta la velocidad permitida en la vía en base a la jerarquía de vía definida.
- **Tiempo (min):** es el tiempo que tarda el camión recolector en atravesar un arco desde un vértice a otro.
- **Sentido de las vías (FT – BI):** en base a al sentido de circulación de la red vial de Ibarra, se establece como FT para vías de un solo sentido y BI para vías con doble dirección.
- **Capacitación de los arcos:** asignar el número de casas incidentes o paralelas al arco analizado, nos permite saber cuántos residuos se generan en cada arco y si el camión recolector puede pasar por el arco capacitado sin exceder su capacidad.

Campos de entrada requeridos por la herramienta Network Analyst (NA):

- **Órdenes:** arcos capacitados
- **Depósitos:** lugar de inicio
- **EHU**: fin de la ruta
- **Rutas:** ruta que se analizará dentro de una determinada subzona
- **Renovaciones de rutas:** lugar de disposición de los RSU definido como EHU
- **Barrera de Líneas y Puntos:** restricciones de paso en la vía

2.3. Costos en operaciones de recolección

Los costos de operación se definen con la ecuación de costo total (CT), en función de la distancia y el tiempo empleados en las rutas, según el modelo de costeo dado por Rozo et al (Rozo, Lizcano, & Lizcano, 2014)

$$CT = CD\left(CF + CV\right) + CI \quad [1]$$

Donde;

CT: costos totales del proceso de recolección.

CD: costos asignados de manera directa al proceso de recolección y varían según los kilómetros recorridos por los camiones.

CF: costos de depreciación del vehículo, seguros, impuestos, estacionamiento y bodegaje.

CV: costos de mano de obra directa, mantenimiento, combustible, materiales y suministros.

CI: costos administrativos los cuales en este caso se asume que son igual a cero.

3. Resultados y discusión

Como resultado de la aplicación del modelo de ruteo por arcos en la herramienta ArcGis se obtuvieron los tiempos y distancias en base al recorrido realizado en cada subzona. Estos resultados se muestran en la tabla 2 donde se detalla las 9 micro rutas residenciales y 2 micro rutas comerciales (10N y 11S), las cuales se recorrerán dentro dentro de las subzonas mencionadas en la tabla 3.

Micro ruta	Distancia recorrida (km)	Tiempo un ruta (h)
Micro ruta 1	108,11	3,35
Micro ruta 2	91,42	2,77
Micro ruta 3	108,13	3,21
Micro ruta 4	117,63	3,15
Micro ruta 5	114,93	3,49
Micro ruta 6	107,12	3,13
Micro ruta 7	101,16	3,06
Micro ruta 8	83,72	2,48
Micro ruta 9	123,25	3,76
Micro ruta 10N	110,77	3,09
Micro ruta 11S	65,78	1,91
Total	**1132,04**	**33,40**

Tabla 3 – Resultados de la optimizacion de las microrutas a ser recorridas por los camiones

En base a los costos establecidos con la ecuación 1, se obtuvieron los costos por tonelada asociados a la cantidad de residuos recolectados por cada zona (Rozo et al., 2014). En la figura 4 se muestra los costos operativos que se tienen en 21 rutas de recolección con el modelo implementado actualmente por el GADSM-I

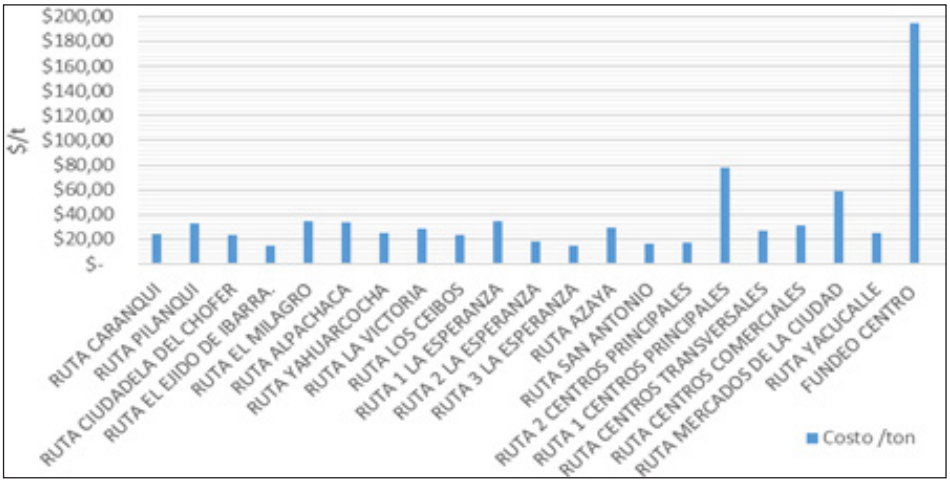


Figura 4 – Costos operativos por Tonelada Recogida según el modelo actual

Del mismo modo, se calcularon los costos operativos de las micro rutas de recolección con el modelo propuesto, cabe señalar que se obtuvieron en base al tiempo y distancia recorrida en cada ruta (Rozo et al., 2014), como se muestra en la figura 5.

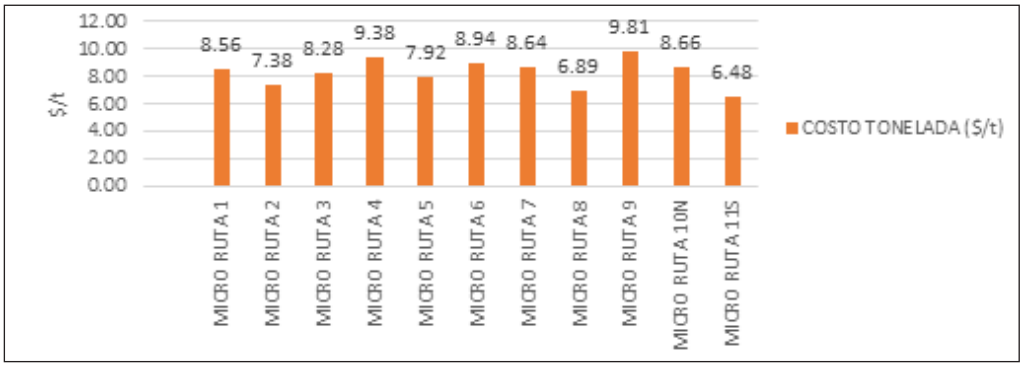


Figura 5 – Costos operativos por Tonelada Recogida según la propuesta

Una comparativa entre los costos operativos de los dos modelos propuestos se muestra en la figura 6

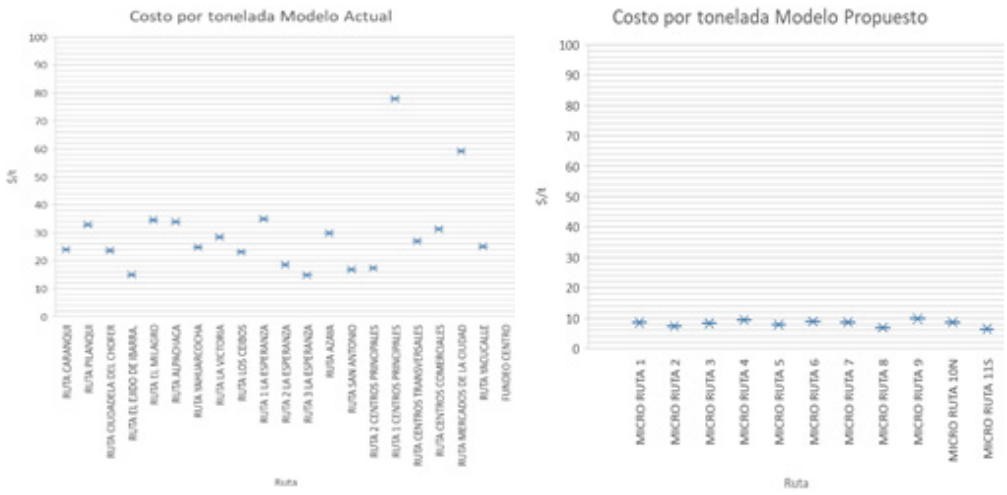


Figura 6 – Comparativa de costos operacionales entre los modelos

3. Conclusiones

Con el modelo propuesto de micro ruteo se definen las rutas por arco capacitado utilizando en software Arc Gis y su complemento Network analyst, dentro del cual se introdujo información sobre la cantidad de residuos que se genera en cada cuadra, por ende, se puede contemplar la cantidad de camiones a emplearse y los recorridos necesarios para cada ruta.

La actual propuesta de optimización de rutas de recolección implica pasar de tener 21 rutas de recolección como en el modelo actual del GADSM-I a 11 microrutas propuestas en el presente trabajo, las bondades de este modelo fueron comprobadas cuantitativamente.

El principal indicador utilizado para comparar el rendimiento del modelo propuesto con el modelo actualmente implementado es el costo por tonelada mediante el cual se muestra la conveniencia de utilizar el modelo propuesto tanto económicamente como para aumentar la eficiencia operacional, ya que se pasa de tener costos entre rutas, además el costo medio de recolección es de 37,53 $/t, en el modelo actual los costos entre rutas se encuentran más balanceados que en el caso anterior y se calculó un costo medio de recolección de 8,27 $/t

El modelo propuesto de microruteo también cumplió con el objetivo de balancear la carga de trabajo entre las distintas 11 microrutas propuestas, así como también se cumple con brindar un elevado nivel de servicio ya que con este modelo se asegura que el camión visite la totalidad de los arcos capacitados con RSU y a su vez este nivela la carga de trabajo, con lo cual se podrá asegurar que los camiones recolectores atiendan su respectiva ruta con frecuencia de recolección daría, lo cual representa el máximo

nivel de servicio que se puede ofrecer en el sector urbano de una población. En este sentido, la presente propuesta se alinea con los objetivos nueve y once de la Adenda 2030 (CEPAL, 2018). Adicionalmente, es importante mencionar que no fue posible comparar las distancias recorridas con el modelo actualmente ejecutado en Ibarra ya que dicho modelo no maneja una frecuencia de recolección diaria, sino más bien ellos realizan la recolección de forma empírica cada vez que se considere necesario, lo cual no es ni óptimo ni técnico.

Referencias

Amal, L., Son, L. H., Chabchoub, H., & Lahiani, H. (2019). Analysis of municipal solid waste collection using GIS and multi-criteria decision aid. *Applied Geomatics*. https://doi.org/10.1007/s12518-019-00291-6

Castillo, A. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Ibarra 2015-2023*. Ibarra. Recuperado de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA1/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/IMBABURA/IBARRA/INFORMACION_GAD/01 CANTON IBARRA_PDOT/1 Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Ibarra/PARTE 1 - PLAN IBARRA 2031.pdf

Cavdar, K., Koroglu, M., & Akyildiz, B. (2016). Design and implementation of a smart solid waste collection system. *International Journal of Environmental Science and Technology*, *13*(6), 1553-1562. https://doi.org/10.1007/s13762-016-0993-4

CEPAL. (2018). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL.

Dai, G., Li, F., Sun, Y., Xu, D., & Zhang, X. (2019). Convergence and correctness of belief propagation for the Chinese postman problem. *Journal of Global Optimization*, *75*(3), 813-831. https://doi.org/10.1007/s10898-019-00749-2

Faccio, M., Persona, A., & Zanin, G. (2011). Waste collection multi objective model with real time traceability data. *Waste Management*, *31*(12), 2391-2405. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.07.005

Ferronato, N., Preziosi, G., Gorritty Portillo, M. A., Guisbert Lizarazu, E. G., & Torretta, V. (2020). Assessment of municipal solid waste selective collection scenarios with geographic information systems in Bolivia. *Waste Management*, *102*, 919-931. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.12.010

Herrera-Granda, I. D., Imbaquingo-Usiña, W. G., Lorente-Leyva, L. L., Herrera-Granda, E. P., Peluffo-Ordóñez, D. H., & Rossit, D. G. (2019). Optimization of the network of urban solid waste containers: A case study. (B.-T. M., D. M., Z. S. M., Z.-P. M., & P. G., Eds.), *4th International Conference on Technology Trends, CITT 2018*. Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de Julio, 5-21, y Gral. José María Cordova, Ibarra, Ecuador: Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05532-5_44

Herrera-Granda, I. D., León-Jácome, J. C., Lorente-Leyva, L. L., Lucano-Chávez, F., Montero-Santos, Y., Oviedo-Pantoja, W. G., & Díaz-Cajas, C. S. (2019). Subregion Districting to Optimize the Municipal Solid Waste Collection Network: A Case Study. (B.-T. M., B.-M. L., V.-C. P., U.-F. M.I., G.-H. J., & S. G. O., Eds.), *6th Conference on Information Technologies and Communication of Ecuador, TIC-EC 2018*. Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de Julio, 5-21, y Gral. José María Cordova, Ibarra, Ecuador: Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02828-2_17

Lozano Álvaro, Villarrubia Gabriel, López Alberto, Hernández Daniel, Revuelta Jorge, J. D. P. (2016). Smart Waste Collection Platform Based on WSN and Route Optimization, *473*, 43-54. https://doi.org/10.1007/978-3-319-40159-1

Misi, N., & Visi, N. (2013). Informe de gestión mae-pngids 2010-2013 programa nacional de gestión integral de desechos sólidos 1.-, 1-7.

Monteros Jarrín, D. J. (2019). Análisis del impacto ambiental en las operaciones de recolección de residuos sólidos en el cantón Ibarra.

Moscoso, A. (2008). Ubicación y diseño final del relleno sanitario, análisis financiero de rentabilidad y documentos habilitantes para la gestión del servicio de los desechos sólidos de la ciudad de ibarra y su área de influencia, provincia de imbabura. Informe Definitivo. AME, Ibarra.

Rada, E. C., Ragazzi, M., & Fedrizzi, P. (2013). Web-GIS oriented systems viability for municipal solid waste selective collection optimization in developed and transient economies. *Waste Management*, *33*(4), 785-792. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.01.002

Rızvanoğlu, O., Kaya, S., Ulukavak, M., & Yeşilnacar, M. İ. (2020). Optimization of municipal solid waste collection and transportation routes, through linear programming and geographic information system: a case study from Şanlıurfa, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, *192*(1). https://doi.org/10.1007/s10661-019-7975-1

Rossit, D. G., Vigo, D., Tohmé, F., & Frutos, M. (2019). Visual attractiveness in routing problems: A review. *Computers & Operations Research*, *103*, 13-34. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cor.2018.10.012

Rozo, C., Lizcano, J., & Lizcano, I. (2014). Cálculo del costo para el componente de recolección y transporte de residuos sólidos Avances de investigación sobre el servicio público de aseo1. *Tecnogestión: Una mirada al ambiente*, *11*(1). Recuperado de https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tecges/article/view/8288

Secretaría Nacional de la administración pública. Reglamento Interministerial Para La Gestión Integral De Desechos Sanitarios (2014). Ecuador.

SEDESOL: Secretaría de Desarrollo Social de México (1999). Recolección Y Transferencia De Residuos.

Thimbleby, H. (2003). The directed Chinese postman problem. *Software - Practice and Experience*, *33*(11), 1081-1096. https://doi.org/10.1002/spe.540

Titrik, Á. (2016). Sign-in-time Based Info-communication System for Collecting Selective Waste. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, *44*(1), 1-4. https://doi.org/10.3311/PPtr.8086

Anexos

Por cuestiones de espacio no se adjuntan los mapas de cada una de las microrutas propuestas, sin embargo, se incluye link de acceso para que los interesados puedan revisar la propuesta: https://utneduec-my.sharepoint.com/personal/jcleonj_utn_edu_ec/_layouts/15/onedrive.aspx?id=%2Fpersonal%2Fjcleonj%5Futn%5Fedu%5Fec%2FDocuments%2FMICRO%20RUTEO%5F2019% 5FMICRADS&ct=1577809824170&or=OWA-NT&cid=10bde648-6de3-6982-4965-f638641119b2&originalPath=aHR0cHM6Ly91dG5lZHVlYy1teS5zaGFyZXBvaW50LmNvbS86ZjovZy9wZXJzb25hbC9qY2xlb25qX3V0bl9lZHVfZWMvRW9DRjFKNVh5cTFOcTU0RmFtZW95WThCd2pIXzBOd3NLS01EaV84X0NjYUdZZz9ydGltZT1sQzRSc1E2TzEwZw

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

Recebido/Submission: 10/12/2019
Aceitação/Acceptance: 26/02/2020

Modelo de machine learning para la predicción de las tendencias de hurto en Colombia

Hugo Ordóñez[1], Carlos Cobos[1], Víctor Bucheli[2]

hugoordonez@unicauca.edu.co, ccobos@unicauca.edu.co, victor.bucheli@correounivalle.edu.co

[1] Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, Departamento de Sistemas, Sector Tulcán Calle 5 Nº 4-70, Popayán, Cauca, Colombia.

[2] Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Calle Cali-Valle del Cauca, Colombia

Pages: 494–506

Resumen: En Colombia uno de los actos delictivos sustanciales en muchas áreas es el hurto, acto que ha generado alto impacto en la sociedad, ya que los altos índices de este delito en los últimos años hacen que la gente se sienta insegura. En este artículo, se presenta un modelo de machine learning basado en Maquinas de Soporte Vectorial para regresión (SRV) ajustado para la predicción de la tendencia de hurtos en Colombia y sus tres principales ciudades. El modelo fue validado con un dataset tomado del sistema de información de la Fiscalía Nacional de Colombia, el cual contiene 2,662,402 registros de delitos realizados en Colombia desde el año 1960 hasta el 2019. Los resultados fueren confrontados frente a un modelo de regresión lineal estándar y un modelo de SRV sin ajuste, los resultados obtenidos son prometedores y pueden servir para la toma de decisiones a las autoridades competentes en la lucha contra el hurto.

Palabras-clave: Hurto, Delitos, Maquinas de soporte vectorial, regresión, machine learning.

Machine learning model for predicting theft trends in Colombia

Abstract: In Colombia, one of the substantial criminal acts in many areas is theft, an act that has generated a high impact on society, since the high rates of this crime in recent years make people feel insecure. This paper presents a machine learning model based on Support Vector Machines for regression (SRV) adjusted for predicting the trend of theft in Colombia and its three main cities. The model was validated with a dataset taken from the information system of the Colombian national prosecutor's office, which contains 2,662,402 records of crimes committed in Colombia from 1960 to 2019. The results were compared against a standard linear regression model and an SRV model without adjustment, the results obtained are promising and can be used to make decisions to the competent authorities in the fight against theft

Keywords: Theft, Crimes, Support vector machines, Regression, Machine learning**.**

1. Introducción

Identificar o predecir los principales actos de violencia o de abuso de confianza, son problemas que afectan a toda la sociedad, más aun en Colombia un país que lleva décadas de conflictos internos. En Colombia, uno de los actos delictivos sustanciales en muchas áreas es el hurto, acto que ha generado alto impacto en la sociedad, ya que, por los altos índices de este delito en los últimos años, los ciudadanos manifiestan preocupación y se sienten muy inseguros por el aumento considerable del comportamiento delictivo en hurtos a personas, hurto a establecimientos comerciales, hurto de vehículos, hurto de motocicletas y hurto de residencias (He et al. 2014). En muchos de estos hurtos, se utilizan armas de fuego o armas corto punzantes, las cuales son manipuladas para intimidar o hacer daño a las víctimas, aumentando la zozobra e incertidumbre de la sociedad en general. Esta situación invita a reflexionar sobre los desafíos en materia de seguridad ciudadana para las alcaldías, y en general, para el Gobierno Nacional de Colombia (Basuchoudhary and Searle 2019).

Con base en lo anterior, los entes gubernamentales tales como la policía nacional, la fiscalía, las fuerzas militares y las empresas de seguridad privada, junto con el gobierno nacional han generado políticas y estrategias para combatir el delito del hurto. Para esto se instalaron sistemas de video vigilancia, policías por cuadrantes, y procesos de sensibilización con la comunidad para que demande los hechos. Además, la Fiscalía General de la Nación y la Policía Nacional, establecieron criterios de clasificación de los delitos, para mejorar el registro de información en sus sistemas, para lograr una adecuada descripción de las circunstancias en las que se desarrolló la conducta criminal (Song et al. 2018). Gracias a los sistemas de información de la Fiscalía y la Policía Nacional, investigadores han realizado trabajos que han permitido conocer indicadores y estadísticas de este delito, tal como los presentados en (Ricardo and Cubides 2016) (López-guaje 2012), (María Acosta 2017). Estos trabajos están enfocados analizar la información recolectada en los sistemas de información, para definir las estadísticos presentados por el delito de hurto en las principales ciudades Colombia, lo cual aunque es un aporte importante, es factible de mejora utilizando técnicas de analítica de datos basadas en inteligencia artificial tales como las que aporta el machine learning (Pitropakis et al. 2019). Las técnicas de machine learning sirven para resolver varios problemas, entre ellos detectar fraudes en bancos (Mangalathu et al. 2019), hurtos de identidades, predecir patrones de comportamiento y clasificación de eventos delictivos (Lee and Jae 2019)(Ramos-lima et al. 2020).

Basado en lo anterior el presente artículo se centra en definir un modelo de machine learning utilizando Maquinas de soporte vectorial (support vector machines), que permite predecir el comportamiento futuro de hechos delictivos de hurto en Colombia, con el fin de servir de base en la toma de decisiones a los entes gubernamentales a partir de los datos registrados en sus sistemas de información. Para esto se analizó un dataset generado a partir del sistema de información de la Fiscalía, el cual cuenta con 2,662,402 registros de delitos realizados en Colombia desde el año 1960 hasta el año 2019.

El resto del artículo se encuentra organizado de la siguiente forma, la sección 2 presenta los trabajos relacionados, la sección 3 presenta el modelo propuesto y la descripción de cada uno de sus componentes, la sección 4 describe los resultados obtenidos después de implementar y probar el modelo y finalmente la sección 5 presenta las conclusiones y el trabajo futuro.

2. Trabajos relacionados

La Policía Nacional y la Fiscalía General de la Nación, definieron criterios de clasificación para los delitos de hurtos, para clarificar y clasificar la información registrada en su sistema de información, con el fin de tener una adecuada representación de las circunstancias en las que se desarrollaron los actos criminales. En este sentido, (Amparo castillo 2018) hace la siguiente clasificación de los tipos de hurtos:

- Hurto a personas: en este caso el agresor aborda a la víctima a quien le extrae o despoja de los bienes.
- Hurto a residencias: en este caso el victimario hurta bienes muebles ajenos que se encuentren al interior de un inmueble.
- Hurto a establecimientos: Abarca bienes y elementos de un establecimiento comercial.
- Hurto a entidades financieras: Hace referencia al dinero ajeno que se encuentra bajo la custodia de entidades financieras o bancarias.
- Hurto a motocicletas: Apoderamiento de motocicleta.
- Hurto a vehículos: Apoderamiento de la totalidad del vehículo motorizado de cuatro llantas o más.
- Hurto de autopartes: El bien hurtado son partes esenciales de medio motorizado.
- Hurto a bicicleta: El bien afectado son bicicletas.
- Piratería terrestre: Acción de apoderarse de mercancía que está siendo transportada en automotor o medio de transporte.
- Hurto a celulares: El bien afectado son teléfonos móviles inteligentes o celulares.

Por otra parte, en (López-guaje 2012; María Acosta 2017) se presenta un trabajo enfocado en el comportamiento, las lesiones personales, el hurto a personas, el hurto de residencias, el hurto de vehículos, el hurto de motocicletas y el hurto a establecimientos comerciales en las ciudades Colombianas de Barranquilla, Bogotá, Bucaramanga, Cali y Medellín entre los años 2010-2016. Los datasets para el análisis fueron tomados del sistema de información estadístico de la policía nacional y de las Encuestas de Convivencia y Seguridad Ciudadana (ECSC) del DANE3. En estos datos, los registros de la policía fueron la fuente para medir el pulso de la seguridad ciudadana durante el 2016, mientras los resultados históricos de las encuestas permiten poner el análisis en contexto. Del análisis se concluye que el comportamiento de la criminalidad no fue homogéneo en las cinco ciudades durante el 2016, cada ciudad tiene sus propias características y resultados en relación con los crímenes de hurto.

De la misma forma, (Ricardo and Cubides 2016), enfatiza que la criminalidad en Colombia, ocurre en todo el territorio, en este sentido, la policía nacional registra y organiza los datos de los hechos delictivos en el Sistema de Información Estadístico Delincuencial, Contravencional y Operativo (SIEDCO), el cual es utilizado para realizar

reportes estadísticos y análisis criminológicos que sirven de insumo para interpretar los cambios del crimen en los ámbitos temporal y territorial. El trabajo se centra en la comparación de los datos del año 2015, para preparar operativos policiales en la lucha contra la criminalidad y las contravenciones aplicadas a los ciudadanos de acuerdo con el Código de Policía Nacional.

Además en otros países del mundo, Algunos trabajos se centran en encontrar patrones de crimen en ciudades. Para las ciudades de California-Irvine y del estado de Misisipi (McClendon and Meghanathan 2018), datos que están disponibles en https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Communities+and+Crime y https://www.neighborhoodscout.com. Con base en dichos datos y aplicando técnicas de machine learning se detectan patrones de crimen. Con los datos obtenidos y las técnicas de regresión lineal, additive regression, decision stump predicen el número de asesinatos, hurtos, entre otros. Otros trabajos más recientes buscan resolver retos similares, pero en otros lugares del mundo, como por ejemplo en Vancouver, donde se busca predecir los delitos a partir de aprendizaje automático. En este trabajo, se recopilaron datos de delitos de Vancouver en los últimos 15 años, los cuales se analizaron mediante modelos K-nearest-neighbour (k-nn) y boosted decision tree, para los cuales se obtiene una exactitud de la predicción del delito entre 39% y 44% (Kim et al. 2018).

Por otra parte, en la literatura se encuentra que la predicción de crimen se ha abordado recurrentemente, y para ello se han propuesto diferentes algoritmos de predicción, donde la precisión de la predicción depende de los atributos de los datasets y el contenido del dataset en sí mismo (Bogomolov et al. 2017). Es así como la mayor eficiencia y la reducción de errores de las técnicas de minería de datos, aumentan en la medida que se cuente con mejores datos y se usan técnicas más robustas.

En este campo la mayor parte de la investigación en predicción de delitos está enfocada en identificar puntos críticos de delincuencia, que se refiere a las áreas en las que las tasas de criminalidad están por encima del nivel promedio. Estos trabajos de identificación automática de hotspots y predicción de crimen se han desarrollado basados en diversas técnicas. En (Al Boni and Gerber 2018), los autores proporcionaron un análisis comparativo entre kernel density estimation (KDE) y Risk Terrain Modeling (RTM). Otros trabajos proponen, algoritmos para crear mapas hotspot y modelos predictivos específicos por área (Zhang et al. 2016) con los modelos LDA y KNN. De igual manera en (Mahmud et al. 2016) aplican redes neuronales artificiales (ANN). En (Lin, Chen, and Yu 2017) se utiliza un algoritmo de aprendizaje de máquina orientado por datos basado en broken-window theory, análisis espacial y técnicas de visualización. Dentro de los trabajos encontrados se destaca (Kang and Kang 2018) el cual permite encontrar los puntos críticos (hotspots) y predecir la criminalidad para la ciudad de Chicago, las cuales cuentan con grandes volúmenes de datos, y se ha convertido en una herramienta de apoyo a la toma de decisiones (Kang and Kang 2018). Finalmente, en la revisión de literatura se encontró un review actualizado de los trabajos en este tema (Prabakaran and Mitra 2018), el documento muestra, las técnicas que se han utilizado, como por ejemplo algoritmos genéticos, modelos ocultos de Markov (Hidden Markov Model), redes Bayesianas ingenuas (Naive Bayes), el algoritmo Fuzzy c-means, el algoritmo K-means, redes neuronales artificiales, Kernel density estimation, regresión logística, Random forest, Influenced association rule, J48 (C4.5), entre otras; los datasets sobre

crimen disponibles así como sus características; finalmente, los surveys específicos sobre distintos tipos de crímenes publicados previamente.

3. Modelo propuesto

El modelo que se propone está basado en técnicas de machine learning que son una rama de la inteligencia artificial, la técnica seleccionada fue las máquinas de soporte vectorial, específicamente las orientas a problemas de regresión . El modelo utiliza un dataaset tomado del sistema de información de la Fiscalía Nacional de Colombia, el cual cuenta con un total de 2,662,402 registros de delitos realizados en Colombia desde el año 1960 hasta el 2019. A continuación, se describen los elementos del modelo.

3.1. Máquinas de soporte vectorial - regresión (SVR)

Support Vector Machines (SVM) también se puede utilizar como método de regresión, manteniendo todas las características principales que caracterizan el algoritmo (margen máximo). La regresión basada en soporte vectorial (SVR) utiliza los mismos principios que SVM para la clasificación, con solo algunas diferencias menores

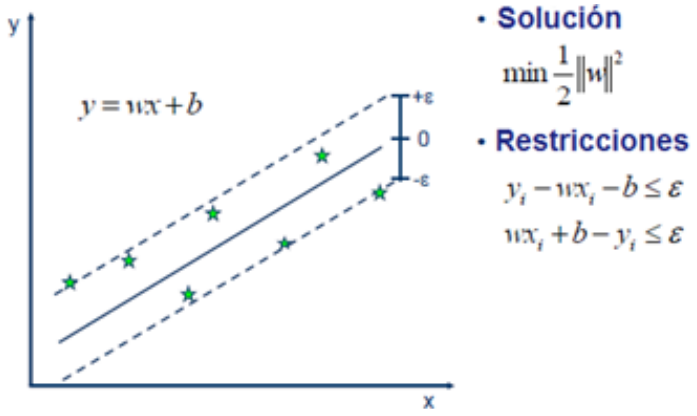


Figura 1 – Magen de tolerancia

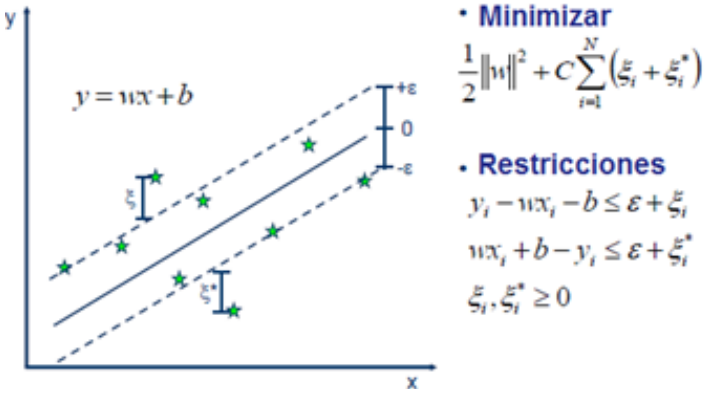


Figura 2 – Minimización del error

En primer lugar, debido a que la salida es un número real, se hace muy difícil predecir la información disponible, ya que las soluciones tienen infinitas posibilidades. En el caso de regresión, se establece un margen de tolerancia (epsilon) (ver **Figura 1**). Pero además, la idea principal es siempre la misma: minimizar el error, individualizando el hiperplano que maximiza el margen. Tal como se muestra en la **Figura 2**.

Para obtener lo valores de la regresión, la función utilizada para predecir nuevos valores depende solo de los vectores de soporte, obtenidos con la **Ecuación 1**.

$$\boldsymbol{f}(\boldsymbol{x}) = \sum_{\boldsymbol{n}=1}^{\boldsymbol{N}} \left(\boldsymbol{a_n} - \boldsymbol{a_n^*}\right)\left(\boldsymbol{x_n'}\ \boldsymbol{x}\right) + \boldsymbol{b} \tag{1}$$

Para obtener los anteriores valores, se debe cumplir con las condiciones de complementariedad, estas son restricciones de optimización necesarias para obtener soluciones óptimas, en el caso de la regresión lineal por SVM son las establecidas en las **ecuaciones 2 a 5**.

$$\forall n : a_n(\varepsilon + \xi_n - y_n + x_n'\,\beta + b) = 0 \tag{2}$$

$$\forall n : a_n^*(\varepsilon + \xi_n^* - y_n + x_n'\,\beta - b) = 0 \tag{3}$$

$$\forall n : \xi_n(C - a_n) = 0 \tag{4}$$

$$\forall n : \xi_n^*(C - a_n^*) = 0 \tag{5}$$

En todas las restricciones, las observaciones indican estrictamente que tienen multiplicadores de Lagrange dentro del tubo de épsilon $\mathbf{a_n} = 0$ **y** $\mathbf{a_n^*} = 0$, Si alguno $\mathbf{a_n}, \mathbf{a_n^*}$ no es 0 , entonces la observación correspondiente se llama un vector soporte. La propiedad Alpha almacena la diferencia entre dos multiplicadores de Lagrange de vectores soporte, $\mathbf{a_n} - \mathbf{a_n^*}$. Las propiedades **β** almacenan vectores soporte $\mathbf{x_n}$ **y** $\mathbf{b}$, respectivamente.

4. Evaluación y resultados

Como se mencionó anteriormente, para la evaluación del modelo propuesto se trabajó con un dataset tomado del sistema de información de la Fiscalía Nacional de Colombia, que cuenta con 2,662,402 registros y 14 columnas entre las cuales se encuentran: conexo, estado_noticia, etapa, anio_hecho, ley, pais, departamento, municipio, seccional, delito, captura, imputacion, condena y atipicidad_inexistencia.

El proceso de evaluación inicio realizando un análisis exploratorio de datos con el fin de obtener un entendimiento de los datos, en este proceso se removieron columnas o

variables que no aportan al análisis, se eliminaron datos nulos o duplicados, se analizaron las distribuciones de las variables, que patrones presentaban, y como paso importante se identificó como se relacionan las variables. Una vez realizado este análisis, se filtró el dataset para obtener todos los registros del delito de hurto, para lo cual se generó un nuevo dataset con 350,320 registros, del cual se eliminaron algunas variables tales como: conexo, estado_noticia, ley, pais, seccional, imputacion, atipicidad_inexistencia. Además, se crearon nuevas variables tales como, numero-hurtos-por-anio, numero-hurtos-ciudad, numero-hurtos-departamento. Una vez filtrado el dataset resultante, se identificaron a través de análisis de correlación de Pearson que las relaciones tienen mejor correlación para trabajar. En estas se encontró que las relaciones año y número de hurtos a nivel nacional (Datos nacionales), Datos nacionales frente a los números de hurtos por cada una de las ciudades principales, tienen una correlación creciente (fuerte) que oscila desde el 87% hasta 100 % (ver **Figura 3**), lo cual era lo esperado. Datos que dan fiabilidad para realizar el estudio del por qué la tasa de hurtos a nivel nacional es tan alta.

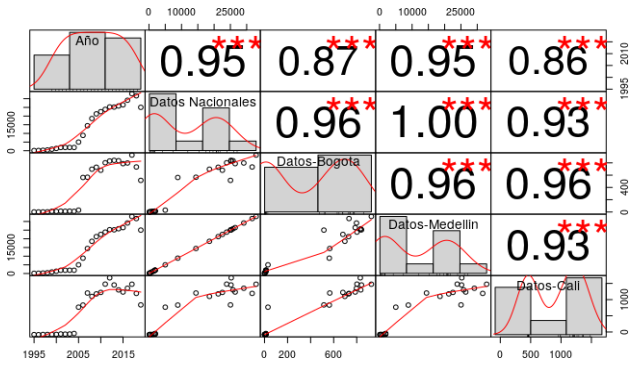


Figura 3 – Correlación de Pearson variables anio-hecho (x) y numero-hurtos-por-ciudad (y)

Una vez analizadas las relaciones entre las variables, como primera instancia, se evaluó el modelo, con un modelo de regresión lineal estándar (línea negra) frente a un modelo de SVR estándar (línea azul) y el modelo ideal establecido por los datos reales (línea roja). En la **Figura 4**, se puede observar que el modelo predice de manera armónica los valores de la variable dependiente, ya que sus valores guardan mayor cercanía y no están muy dispersos al híper plano tarazado para la regresión, esto se debe a que SRV, minimiza la distancia entre cada punto de la variable dependiente al margen de tolerancia épsilon. En este caso, los valores de la variable hechos-anio. En este sentido, el modelo predice, que le punto más alto es en el año 2017 con un valor promedio de 32890 hurtos, pero a medida que aumenta el valor de la variable independiente, los valores de la variable dependiente tienden a bajar, prediciendo así, que para el año 2020 el número de delitos de hurto disminuirá en Colombia estará entre 25027 y 32890.

Una vez realizada la evaluación del SRV frente a un modelo lineal se ajustó el modelo SRV con un valor de épsilon de 0.1, con el fin de reducir el valor de la raíz del error cuadrático medio (RMSE), una medida de la desviación estándar de los residuos (errores de predicción). Los residuos son una medida de qué tan lejos están los puntos de datos de la línea de regresión. RMSE en resumen mide qué tan concentrados están los datos alrededor de la línea de mejor ajuste.



Figura 4 – Evaluación de Regresión lineal y SVR

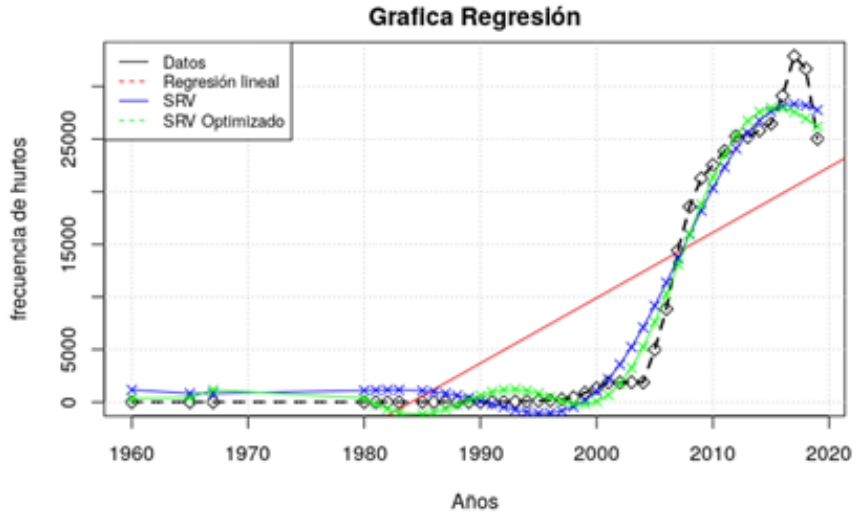


Figura 5 – Evaluación de Regresión lineal, SVR, SRV Optimizado

Como se puedo observar en la **Figura 5**, en el modelo ajustado (línea verde), los valores se encuentran un poco más cerca de la línea de regresión, esto quiere decir que el valor de RMSE es mejor o menor para el modelo ajustado, el cual predice de mayor nivel los valores de la variable dependiente.

Como se puede observar en la **Tabla 1**, los valores más bajos de RMSE, los obtiene el SRV ajustado, esto quiere decir que los valores predichos están mucho más cerca de la línea de regresión, ya que el error cuadrático medio de la solución es menor, en este sentido, SRV ajustado obtuvo mejores valores que distan en 5407 frente al modelo de regresión lineal estándar y en 112 frente a SVR estándar.

Modelo Regresión lineal	SVR	SVR Ajustado
7202.092	1907.038	1795.959

Tabla 1 – Valores de RMSE para cada uno de los modelos evaluados

Para validar los datos de la predicción en Colombia, se evaluó el modelo ajustado con los datos de las variables de las tres principales ciudades de Colombia, a saber: Bogotá, Medellín y Cali.

Como se puede observar en la **Figura 6**. El modelo de predicción se comporta de manera similar al análisis de los datos de Colombia. Se tiene que para Bogotá los índices de delitos de hurtos tienden a disminuir. Además de la evidencia de los datos, esto también se debe a un panorama detallado que invita a reflexionar sobre los desafíos en materia de seguridad ciudadana para las alcaldías, y en general, para el Gobierno Nacional. Para lo cual Bogotá a partir del año 2012 inicio con la implementación de la Política Pública Distrital de Convivencia y Seguridad Ciudadana, la cual tiene como fin la consolidación de una ciudad segura y protectora de derechos, libre de violencias o amenaza de violencias o despojo intencional por parte de otros. En ese sentido, se instalaron en gran parte de la ciudad cámaras de video vigilancia para el monitoreo de actos delictivos, se formó la figura de policía de cuadrante el cual cubre cierto nuero de calles para brindar seguridad a un sector específico. Todas estas acciones aumentaron la seguridad y el número de capturas a delincuentes, hechos que disminuyeron de alguna manera la realización de delitos.

Para la ciudad de Medellín la **Figura 7**, permite observar la predicción realizada por el modelo SRV ajustado. La disminución de los hurtos en Medellín se debe a que en los últimos años cuenta con una política pública innovadora en materia de seguridad ciudadana. Esta política se enfoca en combatir ciertos fenómenos como el crimen organizado que tiende a generar, efectos de rebote que se manifiestan en el aumento de las cifras de hurtos. Para combatir ese flagelo, Medellín apuesta a las buenas prácticas, en especial en materia de presencia institucional y generación de oportunidades que han sido efectivos para reducir la violencia. Al igual que Bogotá, Medellín cuanta con gran infraestructura de cámara de video vigilancia y de cuerpo de policía y fiscalía nacional.

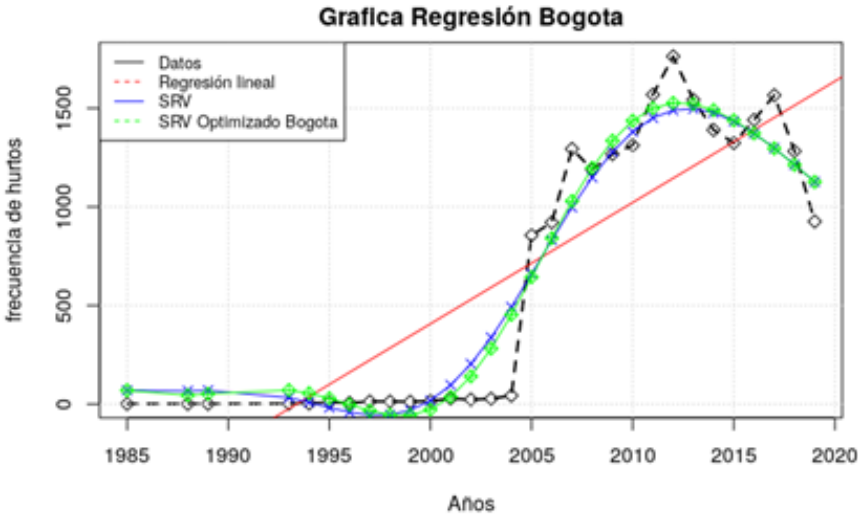


Figura 6 – Análisis Bogotá

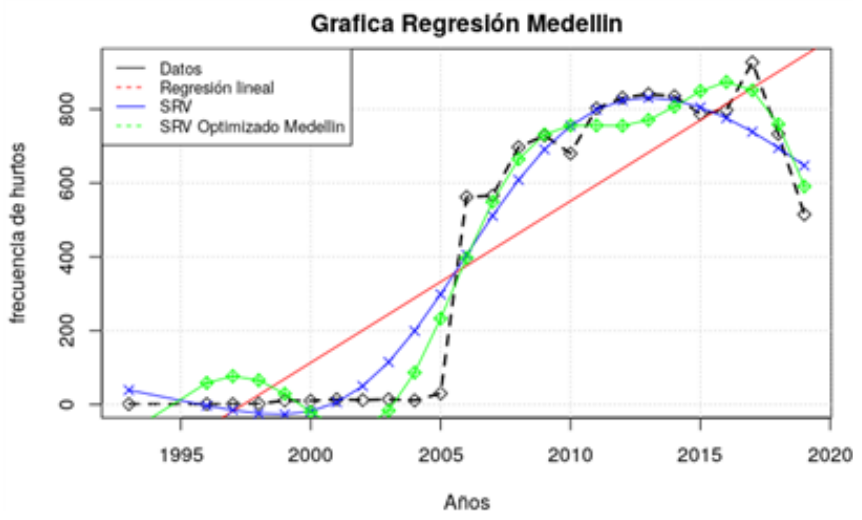


Figura 7 – Análisis Medellín

Para la ciudad de Cali (ver **Figura 8**) al igual que las dos ciudades anteriores el modelo SVR ajustado, muestra un comportamiento similar, se predice la disminución de los hurtos en la ciudad. La disminución de hurtos en Cali, en gran parte se debe a que Cali en los últimos años ha contado con una Secretaría de Seguridad y equipos técnicos dedicados al análisis y coordinación con las demás secretarías y entidades de la atención

de los factores asociados a los niveles de inseguridad y violencia. Para seguir mejorando, la Secretaría de Gobierno, recomienda movilizar a las instituciones de seguridad del estado y a la comunidad hacia la solución de los principales problemas que generen condiciones aptas para la disminución del crimen violento y la inseguridad.

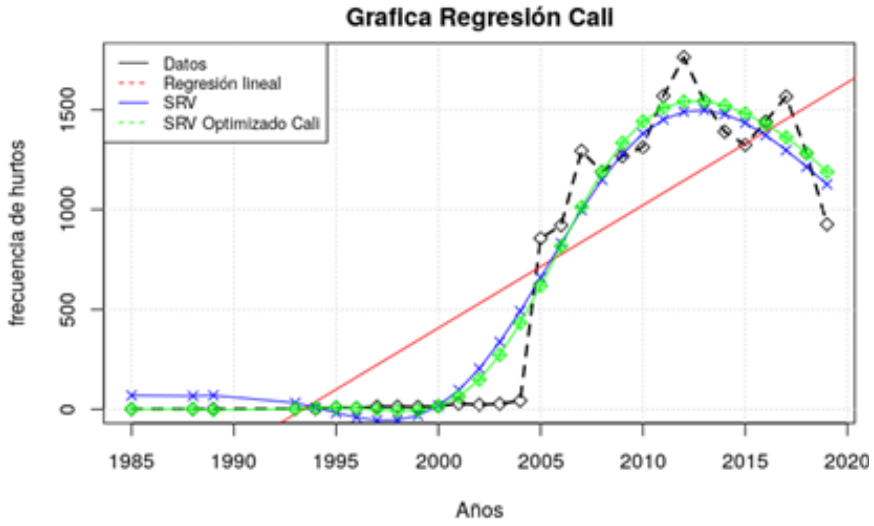


Figura 8 – Análisis Cali

5. Conclusiones y trabajos futuros

Este documento presentó el uso de un modelo de máquinas de soporte vectorial - regresión (SVR) ajustado para predecir el aumento o disminución de actos delictivos en Colombia y en tres de sus principales ciudades (Bogotá, Medellín y Cali).

El modelo ajustado con un valor de épsilon de 0.1, permite que los valores de las variables predichas estén más cerca de la línea de tendencia ideal, haciendo así que el valor del error cuadrático medio disminuya en relación con el modelo de regresión tradicional y al modelo regresión estándar de SVR.

Los resultados de la ejecución del modelo con los datos de las tres principales ciudades de Colombia tienen casi el mismo comportamiento, y muy similar al comportamiento general del pais, lo que permite evidenciar que la preocupación general del pais y sus diferentes regiones en usar políticas, estrategias y tácticas similares, a manera de mejores prácticas, tiene resultados similares.

El modelo permite predecir que con el paso del tiempo la cantidad de hurtos irá disminuyendo, por lo que se puede pensar que las políticas estatales que se han implementado en conjunto con los entes de policía y fiscalía están funcionando. La infraestructura de video vigilancia que hace años se viene instalando en las principales ciudades de Colombia, acompañada con el Modelo de policías por cuadrantes y la

metodología de puntos críticos, han permitido acciones preventivas y de control en cada una de las ciudades de Colombia.

Como trabajos futuros, se espera evaluar el modelo para predecir el comportamiento de otros tipos de delitos como el homicidio, el acceso carnal violento, o el desplazamiento forzado, delitos que son muy preocupantes para la sociedad y para los organismos gubernamentales como la policía y la fiscalía. Por otra parte, evaluar otros clasificadores como random forest. Además, Buscar otros dataset se acceso abierto para la validación del modelo propuesto.

Referencias

Amparo castillo, Maria Arboleda. 2018. "ESTRATEGIAS PARA MITIGAR LA PROBABILIDAD DE COMISIÓN DE HURTOS EN CÚCUTA NORTE DE SANTANDER." *UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL CUCUTA* 1(1):64.

Bogomolov, Andrey, Bruno Lepri, Jacopo Staiano, Nuria Oliver, Fabio Pianesi, and Alex Pentland. 2017. "Once Upon a Crime: Towards Crime Prediction from Demographics and Mobile Data." Pp. 427–34 in *Proceedings of the 16th International Conference on Multimodal Interaction - {ICMI} '14*. {ACM} Press.

Al Boni, Mohammad and Matthew S. Gerber. 2018. "Area-Specific Crime Prediction Models." Pp. 671–76 in *2016 15th {IEEE} International Conference on Machine Learning and Applications ({ICMLA})*. IEEE.

Kang, Hyeon-Woo and Hang-Bong Kang. 2018. "Prediction of Crime Occurrence from Multi-Modal Data Using Deep Learning." 12(4):e0176244.

Kim, Suhong, Param Joshi, Parminder Singh Kalsi, and Pooya Taheri. 2018. "Crime Analysis Through Machine Learning." Pp. 415–20 in *2018 {IEEE} 9th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference ({IEMCON})*. IEEE.

Lee, In and Yong Jae. 2019. "ScienceDirect Machine Learning for Enterprises : Applications , Algorithm Selection , and Challenges." *Business Horizons* (xxxx).

Lin, Ying-Lung, Tenge-Yang Chen, and Liang-Chih Yu. 2017. "Using Machine Learning to Assist Crime Prevention." Pp. 1029–30 in *2017 6th {IIAI} International Congress on Advanced Applied Informatics ({IIAI}-{AAI})*. IEEE.

López-guaje, Walther Alfonso. 2012. "Exégesis de Los Delitos En Colombia, 2011." *Rev. Crim* 54(1):17–54.

Mahmud, Nafiz, Khalid Ibn Zinnah, Yeasin Ar Rahman, and Nasim Ahmed. 2016. "Crimecast: A Crime Prediction and Strategy Direction Service." Pp. 414–18 in *2016 19th International Conference on Computer and Information Technology ({ICCIT})*. IEEE.

Mangalathu, Sujith, Seong-hoon Hwang, Eunsoo Choi, and Jong-su Jeon. 2019. "Rapid Seismic Damage Evaluation of Bridge Portfolios Using Machine Learning Techniques." *Engineering Structures* 201(July):109785.

María Acosta, Oswaldo Zapata. 2017. *Pulso a La Seguridad Ciudadana*. edited by F. I. para la Paz.

McClendon, Lawrence and Natarajan Meghanathan. 2018. "Using Machine Learning Algorithms to Analyze Crime Data." 2(1):1–12.

Pitropakis, Nikolaos, Emmanouil Panaousis, Thanassis Giannetsos, Eleftherios Anastasiadis, and George Loukas. 2019. "A Taxonomy and Survey of Attacks against Machine Learning." *Computer Science Review* 34:100199.

Prabakaran, S. and Shilpa Mitra. 2018. "Survey of Analysis of Crime Detection Techniques Using Data Mining and Machine Learning." P. 12046 in *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1000. {IOP} Publishing.

Ramos-lima, Luis Francisco, Vitoria Waikamp, Thyago Antonelli-salgado, Ives Cavalcante, Lucia Helena, and Machado Freitas. 2020. "The Use of Machine Learning Techniques in Trauma-Related Disorders : A Systematic Review." *Journal of Psychiatric Research* 121(November 2019):159–72.

Ricardo, Julián and Buitrago Cubides. 2016. "Registros de La Criminalidad En Colombia y Actividad Operativa de La Policía Nacional Durante El Año 2015." 9–20.

Zhang, Qiang, Pingmei Yuan, Qiyun Zhou, and Zhiming Yang. 2016. "Mixed Spatial-Temporal Characteristics Based Crime Hot Spots Prediction." Pp. 97–101 in *2016 {IEEE} 20th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design ({CSCWD})*. IEEE.

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

Recebido/Submission: 14/11/2019
Aceitação/Acceptance: 19/01/2020

Defensa 4.0: Internet de las Cosas en Sistemas de Batalla (IoBT) en Defensa Naval

José María Riola[1], Carlos Hernán Fajardo-Toro[2], Javier Díaz Reina[3], Oscar Mayorga Torres[4], Miguel Andrés Garnica López[5]

jinvestigacionnaval@escuelanaval.edu.co, cfajardo.toro.academico@gmail.com, jdiazre21466@universidadean.edu.co, oscarmtorres@ufps.edu.co, mgarnica@cotecmar.co

[1] Escuela Naval de Cadetes "Almirante Padilla" – ENAP. Cartagena de Indias, Colombia.

[2] Grupo G3Pymes, Bogotá, Colombia.

[3] Armada República de Colombia – ARC, Bogotá, D. C., Colombia.

[4] Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta; Colombia.

[5] Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval Marítima y Fluvial – COTECMAR. Cartagena de Indias, Colombia.

Pages: 507–519

Resumen: La cuarta revolución industrial I-4.0 se basa en la digitalización de sus procesos productivos, logísticos y militares, entre otros, permitiendo la interacción entre sistemas físicos y digitales, y logrando el uso de información en tiempo real para la toma de decisiones oportunas, así como la recolección de información para una planificación más precisa. En el campo militar, el empleo de Internet de las Cosas en el Campo de Batalla (*IoBT Internet of Battlefield Things*) ha permitido un acelerado desarrollo tecnológico en las operaciones militares, escenarios de batalla, procesamiento de datos y producción de equipos y maquinaria bélica, lo que en la literatura e industria militar se denomina Defensa 4.0. El presente artículo tiene como objetivo exponer la aplicación de la I-4.0 en el desarrollo, construcción y operación de los buques de guerra para el uso de la defensa naval, explicando su importancia e impactos en la industria militar.

Palabras clave: Industria 4.0, IoT, Buques de Guerra, Defensa 4.0.

Defense 4.0: Internet of Battlefield Things (IoBT) in Naval Defense

Abstract: The fourth industrial revolution (I-4.0) is based on the digitization of all its processes, allowing the interaction between physical and digital systems, thereby achieving the use of real-time information for making timely decisions. In the military field, the use of the Internet of Things in Battle Systems (IoBT – Internet of Battlefield Things) has allowed sped up technological development in military operations, battle scenarios, data processing, and production of war equipment and machinery, which in the literature and military industry is called Defense 4.0. This article aims to expose the application of I-4.0 in the development, construction, and

operation of warships for the use of naval defense, explaining its importance and impacts on the military industry.

Keywords: Industry 4.0, Internet of Things, Warships, Defense 4.0.

1. Introducción

La primera revolución industrial (1780) se caracterizó por la mecanización, la segunda revolución (1870) por el uso dela electricidad, la tercera (1960) por la automatización y la cuarta –I4.0– (2011) por la fusión entre los sistemas digitales y físicos, generando los sistemas inteligentes de producción (Anand & Nagendra, 2019; Hocaoğlu & Genç, 2019). Por otra parte, siempre los desarrollos en ciencia y tecnología han influenciado los conceptos y prácticas militares, en especial después de la revolución científica del Renacimiento (Burmaoglu, Saritas, & Yalcin, 2019).

Un concepto importante que ha permitido el desarrollo de la I-4.0 es el de Internet de las Cosas –IoT– que está relacionado con los términos M2M (Machine to Machine communications) y CPS (Cyber Phisical Systems). De lo anterior, una definición de IoT es la interconexión física basada en telecomunicaciones para el intercambio de datos entre dos entidades compatibles con M2M como: dispositivo, pasarelas e infraestructura de red (ETSI, 2013), y se le considera una de las seis tecnologías civiles disruptivas según consejo nacional de inteligencia de EE.UU. (Raglin, 2019). La aplicación de IoT en operaciones militares es una realidad actualmente y se le denomina internet de las cosas en Campos de batalla – IoBT – donde las cosas inteligentes no serán extrañas pero sí con una presencia ubicua en los campos de batalla (Kott & Stump, 2019). El campo de batalla del futuro comprenderá una amplia gama de sensores, dispositivos, fuentes de información, análisis, humanos e infraestructura con capacidades computacionales heterogéneas, con inteligencia, capacidades y limitaciones variables en recursos de energía, computación y comunicación, y teniendo un dominio de la información que permita minimizar riesgos (Jalaian & Russell, 2019).

2. Defensa 4.0 e IoBT

La I-4.0 es un tema de tendencia en todas las discusiones sobre perspectivas de futuro cercano. Jazdi (2014) sugiere que el concepto apareció por primera vez en Alemania en 2011, y fue presentado al público en general por la Asociación de Fabricantes Alemanes de Máquinas y Equipos de Producción (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau, VDMA) en la Feria de Hannover 2013, donde se combinaban tres innovaciones tecnológicas (automatización, IoT e inteligencia artificial) mediante la creación de modelos comerciales innovadores e ir más allá de la innovación de productos y procesos (Fajardo-Toro, Aguilera-Castillo, & Guerrero-Cabarcas, 2019).

Este nuevo paradigma industrial se basa en el uso de tecnologías asociadas a la Inteligencia Artificial (AI), así como en la unión o relación de elementos físicos a través de sensores permitiendo la conexión entre ellos (M2M y CPS) y que es el fundamento del internet de las cosas (Zona-Ortiz, Fajardo-Toro, Aguilar, 2020). En términos industriales, el uso de estas tecnologías permite la flexibilización y optimización de procesos y servicios, tanto en la planificación con información precisa, control de la cadena de abastecimiento y su

logística, información en tiempo real de las operaciones y cambios en las habilidades y competencias de las personas(Büchi, Cugno, & Castagnoli, 2020; Lins & Oliveira, 2020).

Tanto la logística como el concepto de cadena de abastecimiento tiene un origen militar, y bajo estos términos, todas las organizaciones tienen proveedores, una logística de aprovisionamiento, logística de operaciones o mantenimiento y logística de distribución (Bowersox and Closs, 2002). Ahora, en términos de las operaciones militares, se puede suponer que tiene las características logísticas de las empresas de servicio por su carácter intangible. Bajo este contexto, habrá una logística de aprovisionamiento la cual es fundamentalmente de armamento, personal, alimentos y suministros sanitarios, repuestos, y su logística de producción y distribución están unidas, dado que la ejecución de la operación se hace en el destino asignado, con lo anterior, la figura 1 presenta el concepto de una forma más descriptiva en la industria aplicado a las plataformas militares: buques, aviones y carros desde un punto de vista global aplicable a un Ministerio de Defensa.



Figura 1 – Concepto operativo en el sector militar. (Fuente: Indra)

Uno de los factores que ha dado siempre ventaja a los ejércitos es el desarrollo, mejora y adquisición de tecnologías, tanto en armamento como en sistemas de comunicación y adquisición de información, donde la estrategia se centró desde la década del 2000 hacia el uso extensivo de computadores, satélites y tecnologías sigilosas – stealth - (Compston, 2006). Siguiendo esa estrategia, entra la aplicación del IoBT y de sistema de inteligencia artificial buscando la sincronización de operaciones, disminución de riesgos, labores de inteligencia, mantenimiento de equipos, etc. (Russell & Abdelzaher, 2019).

En el proceso de planificación, el IoBT se utiliza para obtención de Inteligencia (Xi, Lingyu, & Jiapeng, 2019), el análisis y reducción de riesgos utilizando la información

recogida y algoritmos inteligentes (Russell & Abdelzaher, 2019; Sondrol, Jalaian, & Suri, 2019). También se está utilizando tecnología en la toma de decisiones tácticas en función de los distintos componentes del campo de batalla que estarán interconectados, manejando la información que genera cada uno a través de sensores y sincronizándolos en tiempo real para trabajar al unísono (Farooq & Zhu, 2018; Iyer & Patil, 2018; Poltronieri et al., 2019; Sundeep Desai, Varghese, & Nene, 2020; Varghese, Desai, & Nene, 2019), generando desinformación para el enemigo a través de dichos sistemas (Abuzainab & Saad, 2018) y en aplicaciones para registro de solados buscando reducir las bajas, soldados desaparecidos o que puedan ser atendidos en caso de estar heridos (Iyer & Patil, 2018).

Respecto a los sistemas navales, se están desarrollando trabajos en especial sistemas de control de ubicación y comunicaciones, (Zhen & Lin, 2019), robotización de entornos de alto riesgo para la tripulación (Nikitakos, Tsaganos, & Papachristos, 2018), buques autónomos (Im, Shin, & Jeong, 2018) y sistemas de control de maquinaria y seguridad de esa información (Sahay, Meng, Estay, Jensen, & Barfod, 2019). La figura 2 presenta un buque que emplea IoBT en una evaluación CSQT de misiles



Figura 2 – Fragata en operaciones CSQT. (Fuente: Real Armada España)

3. IoBT y los Buques de Guerra

Si la Industria 4.0 necesita desarrollarse en un dominio híbrido, en el que el mundo real y el digital se intercambian información a través de una interfaz que procesa aplicaciones de datos entre el usuario y la toma de decisiones, al particularizarlo para el sector naval, el buque es el mundo real que deberá ser capaz de integrar miles de datos de los distintos sistemas y equipos para conseguir darle un valor añadido a la información obtenida de los sensores, que permita poder realizar las operaciones de una forma óptima y, además, conseguir que el ciclo de vida del buque se desarrolle con el menor coste.

Los mercados navales se basan en la personalización al ser los buques de guerra prototipos únicos, a lo sumo series de 4 o 5 buques, y en la creación de servicios tecnológicamente sofisticados e innovadores. Las armadas siempre están hambrientas de tecnología por ser la razón de su supervivencia en un conflicto y por ello exigen una determinada calidad a

sus sistemas, una experiencia individualizada y una buena capacidad de modernización en sus plataformas. Todo ello pasa por mejorar el software y añadir conectividad a cualquier sistema. Así, sus sistemas inteligentes se caracterizan por disponer de mucha electrónica, software embebido y la máxima conectividad, lo que en conjunto dotan al buque de excelentes características, capacidades y funciones.

Por su propio concepto, un buque de guerra es un sistema complejo y costoso, donde casi todo es redundante, con un largo ciclo de adquisición y una vida operativa en torno de 30 a 40 años. Por todo esto la optimización de su ciclo de vida tiene cada vez mayor importancia (Riola et al, 2019) para cualquier armada. Tal es así, que no se debe pensar exclusivamente en el coste de construcción o adquisición de un buque, si no en cuanto costará a lo largo de todo su ciclo de vida, y ahí estará uno de los pilares de la rentabilidad del buque. La figura 3 muestra un buque de guerra OPV con ciclo de vida optimizado, construido por Cotecmar para la Armada de Colombia.



Figura 3 – OPV. (Fuente: Armada de Colombia)

Las Armadas definen la ingeniería del ciclo de vida como el conjunto de las actividades necesarias para la adecuación de las plataformas y los sistemas de armas a sus requisitos operativos, siendo fundamentales para estos procesos el control de la configuración y la determinación, evaluación y mejora del apoyo de los sistemas y equipos que los componen a lo largo de toda su vida operativa. Y además definen el apoyo logístico como el conjunto de acciones para poder proporcionar a sus unidades los medios y sistemas que necesitan para el cumplimiento de las misiones que son la razón de su existencia. Así que se puede concretar, que todas las armadas necesitan enfocar parte de sus esfuerzos en conseguir las herramientas y procesos que le permitan disminuir sus gastos en logística y el ciclo de vida de sus buques, por lo que las tecnologías 4.0 han pasado a ser la esencia misma de las operaciones a bordo de los buques y, además, les aportan las herramientas necesarias para optimizar el adecuado sostenimiento.

Las cadenas de suministro logísticas de las armadas están experimentando una elevada automatización y una integración del software a todos sus niveles, con el añadido de necesitar una comunicación rápida y directa con la industria auxiliar naval. Así, en lugar de la integración horizontal habitual en la industria hoy, la colaboración entre las empresas auxiliares y las armadas en la industria 4.0 se basará en configuraciones ad-hoc para ofrecer soluciones a medida de sus necesidades.

Usando redes de colaboración más ágiles, la industria auxiliar puede aprovechar las oportunidades de un mercado globalizado de capacidades, lo que le deberá permitirá a la armada decidir qué externalizar o qué hacer ellos mismos, pudiendo trabajar con los suministradores y proveedores de servicios de ingeniería a través de plataformas compartidas. La base para estas redes logísticas es que los entornos de producción y las plataformas de ingeniería estén conectadas en red con interfaces entre empresas. Así, la cadena de suministro conectada es otra pieza central en toda estrategia 4.0. Para gestionar la complejidad de las cadenas de suministro, los flujos físicos se replican previamente en las plataformas digitales.

Un buque de guerra, el entorno digital más sencillo se conoce como "maqueta digital", la cual debe de ser una versión virtual del barco, un modelo 3D que además de ofrecer disposiciones de compartimentos, capacidades, equipos, manuales de mantenimiento, etc., también puede proporcionar datos de sensorización como temperatura, presión, niveles de tanques, etc. Al citar el término "gemelo digital", se está dando un salto tecnológico en el que el mundo real y el virtual son capaces de interactuar entre si. La idea del gemelo digital surgió en la agencia americana NASA en el año 2012 cuando consiguieron desarrollar unas tecnologías que les permitían operar y mantener los sistemas que estaban fuera de su alcance físico, lo que les llevó a implementar una filosofía de simulación en la cual todo equipo antes de instalarse debe demostrar la evaluación positiva de su prototipo. Todo debe ser simulado, probado y evaluado antes de su posible construcción y específicamente, antes de su colocación definitiva a bordo. La figura 4 hace un comparativo entre el concepto simulado y el real de la construcción de los buques.



Figura 4 – Relación temporal virtual y real. (Fuente: Navantia)

El gemelo digital nace a partir de los requisitos de Estado Mayor que son elaborados por las distintas armadas, estos requisitos son las voces en que definen qué buque se quiere construir, que características deberá cumplir. Y desde ese momento, va robusteciendo de información, señales, conectividad y representaciones virtuales al pasar por las fases de diseño conceptual, funcional, de detalle, producción y sostenimiento. Para que este gemelo digital sea totalmente operativo, todos los equipos que van a ir a bordo deben entregarse por los suministradores con el CAD y la sensórica correspondiente, la cual debe

permitirle al buque integrarla con el resto de las señales. Es particularmente importante que la industria auxiliar naval que rodea al buque de guerra se encuentre inmersa en la digitalización de todos sus procesos logísticos, lo que incluye fundamentalmente a los de mantenimiento.

A medida que los datos van alimentando al gemelo digital, este evoluciona hacia un avatar del producto cada vez más real, permitiendo interactuar con él de manera más sencilla y, además, visualizar su estado remotamente a muchas millas de distancia. La interacción entre el gemelo digital y buque se lleva a cabo mediante la aplicación de tecnologías como "machine learning", "cloud computing" o "IoT", que generará las necesarias simulaciones desde la identificación de acciones correctivas y preventivas de los sistemas, hasta los propios escenarios misionales de operación o posibles emergencias, la figura 5 presenta el ciclo de vida del gemelo digital.

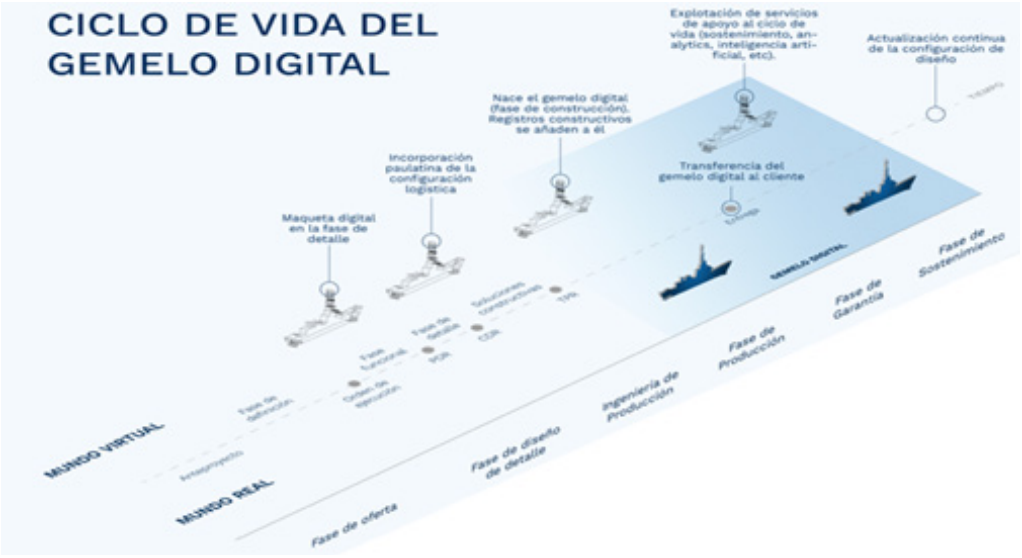


Figura 5 – Ciclo de vida del gemelo digital. (Fuente: Navantia)

El gemelo digital es la pieza clave de la transformación digital de los buques, especialmente en la explotación de datos y modelos, además de ser la pieza clave en la transformación de las propias armadas. La importancia de los gemelos digitales consiste fundamentalmente en ayudar a que las decisiones estén basadas en modelos que aprenden de los datos que pueden ser: descriptivos, decisivos, diagnósticos, predictivos o prescriptivos y que hay que saber cuales hay que tomar y desechar. El producto inteligente tiene la ambición de ser autónomo, por lo que se necesita una algorítmica especialmente robusta.

Las armadas, siempre conservadoras y preocupadas por sus altos costes logísticos, han encontrado en estas tecnologías la capacidad de mejorar la eficacia operativa de sus buques reduciendo los costes asociados a su ciclo de vida en los tres pilares de sus funciones logísticas: mantenimiento, aprovisionamiento e ingeniería a lo largo del ciclo

de vida. Y los centros tecnológicos de Defensa con capacidad de I+D+i, como lo es la Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla” (ENAP), deben orientar sus líneas de investigación hacia esta área.

Los avances tecnológicos que han desarrollo el gemelo digital dependerán cada vez más de las comunicaciones, lo que junto con las nuevas tecnologías basadas en software para operaciones como el posicionamiento dinámico o la toma de aeronaves abordo, incrementan la vulnerabilidad de los sistemas de información para la defensa, haciendo que la ciberseguridad considere que nuestros hardware/software son posibles puntos débiles que deben asegurarse, por lo que la ciberdefensa deberá apoyarse y basarse en “cybersecurity, cybersafety & cyberperformance” (Pancorbo et al, 2020).

Dada la complejidad de sistemas y equipos, los buques de guerra tienen dos cerebros en su interior, en primer lugar, el Sistema de Combate (SdC) que integra sensores y armas, de altísimas prestaciones cuando se le requiere, pero que suele permanecer en reposo durante largas temporadas y el Sistema Integrado de Control de Plataforma (SICP) que trabaja constantemente las 24 horas (ver figura 6). Este SICP tiene como finalidad la monitorización y el control remoto de todos los equipos y sistemas que lleva en su interior el buque, con base a componentes hardware y software. Para cumplir su cometido, el SICP deberá estar conectado con todos ellos y en un doble lazo o anillo que recorre ambos costados para seguir funcionando en caso de avería o de un posible impacto en su superestructura, asegurando su continuidad en las operaciones y su supervivencia en la mar. Desde el SICP se supervisa y controlan todos lo sistemas de abordo con tecnología 4.0 como la propulsión, la generación y distribución eléctrica y el funcionamiento de todos los sistemas auxiliares y de averías del buque, etc.



Figura 6 – Los dos cerebros SdC y SICP. (Fuente: propia)

El SICP debe ser capaz de establecer los criterios necesarios para priorizar las tareas de mantenimiento y evitar las innecesarias, y además, debe predecir las situaciones que produzcan tiempos muertos que afecten la seguridad de la dotación y conduzcan a posibles fallos catastróficos, así mismo, debe reducir las duración de los tiempos muertos por la gestión dinámica de las tareas en tierra basada en diagnósticos esperados del sistema y actualizar los procedimientos operativos basados en el análisis de incidentes que puedan

influir sobre la disponibilidad operativa del buque. Además, deberá complementar el mantenimiento tradicional preventivo mediante el registro de horas de funcionamiento de los equipos y su envío a las herramientas de apoyo logístico para proporcionar un mantenimiento predictivo o basado en condición, en tiempo real, por la medición de parámetros como pueden ser las vibraciones de los equipos rotativos, condiciones de los aceites lubricantes, presión de los cilindros de los motores diésel, etc. (Navantia, 2019)

El software del SICP está compuesto de algoritmos y secuencias de control, propias de los autómatas y controladores lógicos, junto a un sistema integrador que organiza y relaciona los datos para presentárselos al operador mediante interfaces hombre-máquina. Este sistema debe de constar de consolas de operación, subestaciones locales, unidades de transmisión remota, paneles locales de operación y red de transmisión de datos. Su hardware se suele basar en elementos disponibles en el mercado (COTS): PLC, PC, LAN y Bus para las comunicaciones.

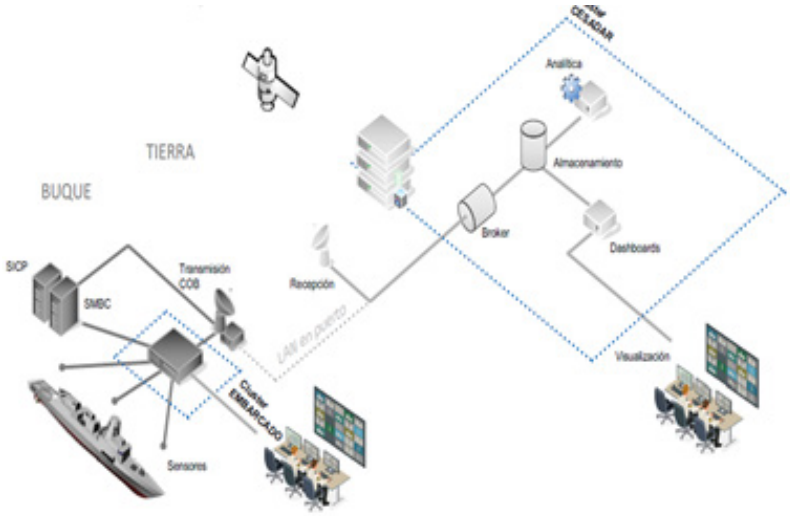


Figura 7 – Análisis de datos a distancia. (Fuente: CESADAR)

En el caso de algunas armadas, como la Española, se cuenta con centros en tierra como el CESADAR (ver figura 7), para el cual el SICP trabaja y se encarga del envío de los datos recogidos a bordo para transmitírselos y así puedan recibir, almacenar y analizar en tierra lo que está pasando en tiempo real en el buque, utilizando técnicas de minería de datos capaces de extraer información de los datos registrados utilizando inteligencia artificial y diversos tipos de análisis de datos. Este tipo de centros supone un esfuerzo por complementar a los sistemas SICP y se fundamentan en conseguir sistemas con mantenimiento basado en la condición (SMBC), encargándose de recolectar y almacenar de forma segura todos los datos generados diariamente, mediante servidores y equipos de almacenamiento, para ser evaluados y procesados por el personal del centro. El año pasado, el CESADAR recibía información de 35 buques con una media de más de 30 000 señales por buque, lo que implicaba más de 300 MB de datos por día y buque. En

la actualidad, esta información es evaluada por diversas aplicaciones desarrolladas al efecto y distintas herramientas externas como, por ejemplo, las diseñadas por Windrock 23 o por OneProd.24 (García, 2017).

La industria naval se encuentra inmersa en la digitalización de sus procesos logísticos, incluyendo los de mantenimiento, principal objetivo de reducción de costes de cualquier armada. El objetivo buscado es la predicción de las tareas de mantenimiento basado en confiabilidad, por lo que cualquier señal como puede ser la monitorización de la vibración de un motor embarcado puede ayudar a prever las tareas de mantenimiento y disminuir con ello el coste del ciclo de vida. Existen diversos métodos de AI para clasificar patrones o hacer regresiones de un determinado parámetro mecánico que son la base del análisis en estos centros. Resumiendo, se puede concretar el lineamiento en el que están trabajando las distintas armadas:

- Diseñar y crear el gemelo digital del buque.
- Desarrollar un Sistema Integrado de Control de Plataforma que monitorice e integre todas las señales de sistemas y equipos de la plataforma.
- Integrar un sistema de comunicaciones satelitales que permita el análisis en tiempo real de lo que le ocurre a los sistemas y equipos de buque.
- Disminuir el coste del ciclo de vida con base en el análisis de las señales y en la programación del mantenimiento basado en confiabilidad.

Si se particulariza el entorno naval, los buques desarrollados por la Armada de Colombia deberán cumplir con los requisitos “Shipping 4.0” que se muestran en la figura 8 y que resume estos retos tecnológicos a incluir a bordo, y a los retos que las armadas del siglo XXI se tienen que adaptar.



Figura 8 – Shipping 4.0. (Fuente: Haugesundkonferansen)

4. Conclusiones

Un entorno tecnológico y digitalizado es característico de la I-4.0. Esto ha impactado de forma directa en los diferentes sistemas y organizaciones a nivel mundial, entre estas, a los Ministerios de Defensa que por su propia naturaleza requieren estar actualizados con los últimos desarrollos e innovaciones tecnológicas, informáticas y de comunicaciones, para

fortalecer sus mecanismos de seguridad, tiempos de respuesta, preparación y reacción de tropas, desarrollo de equipos a entorno propio e incorporación de conocimiento científico-tecnológico en sus sistemas militares.

Para la fabricación de buques de guerra se está apropiando y desarrollando tecnología que se apoya en sistemas de simulación moderna para mejorar los tiempos de construcción y operación de las naves, donde se adapta la tecnología a las necesidades de la geografía y condiciones climáticas de los países que así lo requieren. Estos buques integran mejoras en el sistema de combate, sistema integrado de control de plataforma, vehículos no tripulados (UAV), aumento del ciclo de vida y empleo del "big data" en las comunicaciones satelitales.

Finalmente, la incorporación de IoBT en la fabricación de buques de guerra optimizará los sistemas de operación, combate, comunicación y navegabilidad de las naves, con sensores, dispositivos y armas modernos con la ventaja de que todo lo anterior puede ser simulado, probado y evaluado antes de su construcción y colocación definitiva a bordo.

Referencias

Abuzainab, N., & Saad, W. (2018). Misinformation Control in the Internet of Battlefield Things: A Multiclass Mean-Field Game. 2018 IEEE Global Communications Conference, GLOBECOM 2018 - Proceedings, 1–7. https://doi.org/10.1109/GLOCOM.2018.8647236

Anand, P., & Nagendra, A. (2019). Industry 4.0: India's defence industry needs smart manufacturing. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 8(11 Special Issue), 476–485. https://doi.org/10.35940/ijitee.K1081.09811S19

Bowersox, D., Closs, D. (2002). Supply chain logistics management. 1st edition. McGraw Hill education. NY

Büchi, G., Cugno, M., & Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and Industry 4.0. Technological Forecasting and Social Change, 150(November 2019), 119790. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119790

Burmaoglu, S., Saritas, O., & Yalcin, H. (2019). Defense 4.0: Internet of Things in Military. In Emerging Technologies for Economic Developmen (pp. 303–320). https://doi.org/10.1007/978-3-030-04370-4_14

Compston, H. (2006). Military Technology. In King Trends and the Future of Public Policy (pp. 76–98). https://doi.org/10.1057/9780230627437

ETSI, «Technical Recommendation ETSI TR 102 725: "Machine to machine definitions",» Francia, 2013.

Fajardo-Toro, C. H., Aguilera-Castillo, A., & Guerrero-Cabarcas, M. (2019). Doing More With Less: The Impact of New Technologies on Labor Markets, Economy, and Society. In A. Guerra Guerra (Ed.), Organizational Transformation and Managing Innovation in the Fourth Industrial Revolution (pp. 1–17). https://doi.org/10.4018/978-1-5225-7074-5.ch001

Farooq, M. J., & Zhu, Q. (2018). On the Secure and Reconfigurable Multi-Layer Network Design for Critical Information Dissemination in the Internet of Battlefield Things (IoBT). IEEE Transactions on Wireless Communications, 17(4), 2618–2632. https://doi.org/10.1109/TWC.2018.2799860

Fdez Jove, A., Mackinlay, A. y Riola, J.M. (2019). Optimización del ciclo de vida en el buque de guerra: plan de mantenimiento y monitorización para la reducción de costes. VI International Ship Design & Naval Engineering Congress CIDIN2019, Colombiamar, Cartagena de Indias, Colombia.

García, P. (2017). Gemelo Digital: Concepto y Aplicación en la Armada. ETSIN. Universidad Politécnica de Madrid.

Hocaoğlu, M. F., & Genç, İ. (2019). Smart Combat Simulations in Terms of Industry 4.0. In M. M. Gunal (Ed.), Simulation for Industry 4.0 Past, Present, and Future (pp. 247–273). https://doi.org/10.1007/978-3-030-04137-3_15

Im, I., Shin, D., & Jeong, J. (2018). Components for Smart Autonomous Ship Architecture Based on Intelligent Information Technology. Procedia Computer Science, 134, 91–98. https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.07.148

Indra. (2019). Sostenimiento 4.0. Transformación digital aplicada al sostenimiento de sistemas embarcados. VI Congreso de Seguridad y Defensa DESEi+d, Valladolid, España.

Iyer, B., & Patil, N. (2018). IoT enabled tracking and monitoring sensor for military applications. International Journal of Systems Assurance Engineering and Management, 9(6), 1294–1301. https://doi.org/10.1007/s13198-018-0727-8

Jalaian, B., & Russell, S. (2019). Uncertainty Quantification in Internet of Battlefield Things. In Artificial Intelligence for the Internet of Everything (pp. 19–45). https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817636-8.00002-8

Jazdi, N. (2014). Cyber physical systems in the context of Industry 4.0. In Automation, Quality and Testing, Robotics, 2014 IEEE International Conference (pp. 1-4). IEEE.

Kott, A., & Stump, E. (2019). Intelligent Autonomous Things on the Battlefield. In Artificial Intelligence for the Internet of Everything. https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817636-8.00003-x

Lins, T., & Oliveira, R. A. R. (2020). Cyber-physical production systems retrofitting in context of industry 4.0. Computers and Industrial Engineering, 139(November 2019), 106193. https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106193

Navantia. (2019). Sistema Integrado de Control de Plataforma (SICP). www.infodefensa.com

Nikitakos, N., Tsaganos, G., & Papachristos, D. (2018). Autonomous Robotic Platform in Harm Environment Onboard of Ships. IFAC-PapersOnLine, 51(30), 390–395. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.11.337

Pancorbo, J, Guerrero, L. y González, J. (2020). El "Gemelo digital". Proceso de digitalización desde el punto de vista de una sociedad de clasificación. Ship Science & Technology - Vol. 13 - n.º 26 - (9-18) January 2, Cartagena de Indias, Colombia.

Poltronieri, F., Sadler, L., Benincasa, G., Gregory, T., Harrell, J. M., Metu, S., & Moulton, C. (2019). Enabling Efficient and Interoperable Control of IoBT Devices in a Multi-Force Environment. Proceedings - IEEE Military Communications Conference MILCOM, 2019-Octob, 757–762. https://doi.org/10.1109/MILCOM.2018.8599740

Raglin, A. (2019). Presentation of information uncertainty from iobt for military decision making. In Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). https://doi.org/10.1007/978-3-030-21935-2_4

Riola, J.M., Díaz-Cuadra, J.C. y Beltrán, P. (2019). Programa de Control de Ruido y Vibraciones para un buque de Guerra: La nueva Fragata Española F-110. VI International Ship Design & Naval Engineering Congress CIDIN2019, Colombiamar, Cartagena de Indias, Colombia.

Russell, S., & Abdelzaher, T. (2019). The Internet of Battlefield Things: The Next Generation of Command, Control, Communications and Intelligence (C3I) Decision-Making. Proceedings - IEEE Military Communications Conference MILCOM, 2019-Octob, 737–742. https://doi.org/10.1109/MILCOM.2018.8599853

Sahay, R., Meng, W., Estay, D. A. S., Jensen, C. D., & Barfod, M. B. (2019). CyberShip-IoT: A dynamic and adaptive SDN-based security policy enforcement framework for ships. Future Generation Computer Systems, 100, 736–750. https://doi.org/10.1016/j.future.2019.05.049

Sondrol, T., Jalaian, B., & Suri, N. (2019). Investigating LoRa for the Internet of Battlefield Things: A Cyber Perspective. Proceedings - IEEE Military Communications Conference MILCOM, 2019-Octob, 749–756. https://doi.org/10.1109/MILCOM.2018.8599805

Sundeep Desai, S., Varghese, V., & Nene, M. J. (2020). Controller Area Network for Battlefield-of-Things. In M. Singh, P. K. Gupta, V. Tyagi, J. Flusser, T. Ören, & R. Kashyap (Eds.), Advances in Data Sciences, Security and Applications Proceedings of ICDSSA 2019 (pp. 211–223). https://doi.org/10.1007/978-981-15-0372-6_16

Varghese, V., Desai, S. S., & Nene, M. J. (2019). Decision Making in the Battlefield-of-Things. Wireless Personal Communications, 106(2), 423–438. https://doi.org/10.1007/s11277-019-06170-y

Xi, M., Lingyu, N., & Jiapeng, S. (2019). Research on urban anti-terrorism intelligence perception system from the perspective of Internet of things application. International Journal of Electrical Engineering Education. https://doi.org/10.1177/0020720918819247

Zhen, W., & Lin, B. (2019). Maritime Internet of Vessels. In Encyclopedia of Wireless Networks (pp. 1–9). https://doi.org/10.1007/978-3-319-32903-1_344-1

Zona-Ortiz, T., Fajardo-Toro, C.H., Aguilar, C. (2020). Propuesta De Un Marco General Para El Despliegue De Ciudades Inteligentes Apoyado En El Desarrollo De IoT En Colombia. RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao.

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

Recebido/Submission: 22/12/2019
Aceitação/Acceptance: 25/02/2020

Diseño e Implementación de una Férula automática para personas con lesiones en la muñeca y Nervio Radial: Análisis desde una perspectiva integral e innovadora

Ángel F. Vinueza N.[1], Paola G. Vinueza N.[1], Navinkumar J. Patil[2], Magda F. Cejas M.[3,4], Hieda A. Nascimento S.[5], Luis Quevedo[3]

angelfvn13@gmail.com, paolag.vinueza@unach.edu.ec, navinjpatil@gmail.com, magdacejas@unach.edu.ec, hieda@ufpa.br, luis.quevedo@unach.edu.ec.

[1] Facultad de Ingeniería, Ingeniería en Tecnologías de la Información, Universidad Nacional de Chimborazo, 060150, Riobamba, Ecuador.

[2] CBN@UniLe, Istituto Italiano di Tecnologia (IIT), 73010, Lecce, Italy.

[3] Facultad de Ciencias Políticas y Administrativas, Universidad Nacional de Chimborazo, 060150, Riobamba, Ecuador.

[4] Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 050150, Sede Latacunga, Ecuador

[5] UFPA, Federal University of Pará, Belém, Pará 66075-110, Brazil.

Pages: 520–537

Resumen: Los profesionales en el área de fisioterapia ofertan sus servicios de rehabilitación (muñeca y nervio radial), a través de procedimientos manuales como las terapias. Se ha propuesto un sistema de rehabilitación llamado *Therapycenter* diseñando una férula automática aplicando técnicas de fisioterapia. En este sistema se presenta el control, monitoreo y electroestimulación a personas que presentan lesiones del nervio radial. La férula permite la rehabilitación de movimientos como: de abajo hacia arriba y de izquierda a derecha de la muñeca y mano, con ayuda de dos servomotores controlados desde Matlab. La rehabilitación total del nervio radial fue hecha con un electroestimulador que trabaja a una frecuencia de (18 y 83) Hz, con un tren de pulsos triangular y una intensidad de 7mA, adoptados en el antebrazo del paciente por dos electrodos y activados por un sensor flex. Los resultados experimentales muestran una recuperación en los pacientes de hasta un 96.68%.

Palabras-clave: Férula; Electroestimulador; Matlab, Rehabilitacion; Sensor Flex.

Design and Implementation of a splint for people with injuries in the wrist and Radial Nerve: Analysis from an integral and innovative perspective

Abstract: Professionals in the area of physiotherapy offer their rehabilitation services (wrist and radial nerve), through manual procedures such as therapies. A rehabilitation system called Therapycenter has been proposed designing an

automatic splint applying physiotherapy techniques. This system presents control, monitoring and electrostimulation to people who present radial nerve injuries. The splint allows the rehabilitation of movements such as: from the bottom up and from left to right of the wrist and hand, with the help of two servo motors controlled from Matlab. The total rehabilitation of the radial nerve was done with an electrostimulator that works at a frequency of (18 and 83) Hz, with a triangular pulse train and an intensity of 7mA, adopted in the patient's forearm by two electrodes and activated by a sensor flex Experimental results show a recovery in patients of up to 96,68%.

Keywords: Splint; Electroestimulator; Matlab; Rehabilitation; Sensor Flex.

1. Introducción

Hoy en día la electro-medicina ha evolucionado vertiginosamente determinándose que la misma constituye un factor clave para la planificación, aplicación y desarrollo de equipos y técnicas idóneas en pro de la mejora de la salud y calidad de vida. Esta rama y /o disciplina de la ingeniería permite contribuir a la solución de problemas relacionados con tecnología electrónica aplicando principios y métodos de las ciencias exactas, la ciencia de la vida, ciencias médicas y además de la ingeniería. Su episteme se remonta desde el siglo XIX con el hallazgo de los rayos X por Roestgen y el empleo del electrocardiógrafo por Einthoven en 1903 propiciando así el empleo de la ingeniería biomédica, física médica y la biofísica.

Esta nueva era de alcance tecnológico ha favorecido la calidad de vida en los pacientes que tienen algún tipo de padecimiento, donde la electromedicina ofrece múltiples alternativas que ayudan aliviar los diversos padecimientos que tengan los pacientes, favoreciendo de una u otra forma la salud. Desde esta perspectiva la eletroestimulación representa una forma de ejercitar impulsos eléctricos, generados por dispositivos que se aplican con electrodos en la piel próxima a los músculos que se pretenden estimular. De esta manera los impulsos generados imitan el potencial de acción que proviene del sistema nervioso central causando las contracciones correspondientes Una de las áreas que está involucrada con la electromedicina es la Una de las áreas que está involucrada con la electromedicina es la medicina física y rehabilitación (fisiatría) (Benjamin, 2015), la misma que se deriva a la terapia física como método de recuperación y parte fundamental del proceso de rehabilitación después de una lesión grave. Las técnicas terapéuticas más utilizadas son las terapias manuales, reforzadas en los últimos años con la investigación y la electromedicina. Los dispositivos ortopédicos como las férulas también son utilizadas como rehabilitación, según Kelly et al., 2015, los pacientes con dolencias en la muñeca, fractura de muñeca, osteoartritis reumática etc., de igual forma se les puede recomendar el uso de férulas como alternativas de mejora en su calidad de vida y además en su régimen de tratamiento. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la férula es un apoyo, un dispositivo externo adherido al cuerpo para modificar los aspectos funcionales y estructurales del sistema neuromusculoesquelético (Carlson C., 2018). En este sentido, cabe destacar que las férulas en el ámbito de la salud del paciente con estos padecimientos se utilizan como terapia para mantener en posición, sostener e inmovilizar partes del cuerpo, particularmente las móviles o articuladas (Fandos et al., 2000). De igual manera una férula en la muñeca ayuda aliviar los síntomas de dolor y previene posibles deformaciones y lesiones (Tapia et al., 2015).

En este orden de ideas, la electroestimulación también se utiliza como terapia a lo que se le llama electroterapia, esta es una técnica que permite la generación de contracciones musculares a través de impulsos eléctricos producidos por un electroestimulador que es conectado al cuerpo a través de pequeños electrodos en la piel (Singh J., 2012). Un electroestimulador es capaz de producir un tipo de corriente específica o diferentes tipos de corrientes en función de las necesidades del paciente para lograr el impulso eléctrico capaz de generar una respuesta motora. Por lo general, un electroestimulador trabaja a frecuencias de entre 2 y 120 Hz (eFisioterapia.net, 2015). El tipo de frecuencia que sea seleccionada para iniciar una terapia es la clave para una rehabilitación exitosa ya que esta indicará al cuerpo el tipo de fibra que debe ser activada y estimularla (véase en la tabla 1).

Frecuencia (Hz)	Efectos
1 - 10	Relajación, aumento de la circulación sanguínea y secreción de endorfinas.
10 - 20	Mejora la resistencia aeróbica muscular (oxidación del músculo).
20 - 50	Mejora del tono muscular, da definición y firmeza muscular (efectos estéticos y primeras fases de rehabilitación).
40 - 70	Mejora de las capacidades lácticas del músculo y aumento de volumen muscular.
70 - 120	Activación rápida de fibras musculares y mayor efecto analgésico.
90 - 150	Mejora de la fuerza explosiva, elástica y reactiva.

Tabla 1 – Frecuencias que se definen en el diseño del electroestimulador.

Por la necesidad de involucrar la electromedicina en la medicina física para mejorar las terapias de rehabilitación, esta investigación se ha propuesto diseñar una férula automática y un sistema de electroestimulación llamado Therapycenter para personas con lesiones de muñeca y nervio radial convirtiéndolo así en un tratamiento terapéutico ideal con el uso de la electromedicina mejorando la calidad de vida del paciente de todo tipo de paciente con este tipo de afecciones

El manuscrito se encuentra estructurado de la siguiente manera:

En la Sección 2, se describe la metodología de implementación del sistema de electroestimulación. En la Sección 3 se plantea el diseño del electroestimulador. En la Sección 4 se plantea los resultados y discusión, y finalmente en la Sección 5 se concluye con el paper.

2. Metodología

Esta investigación fue de carácter experimental a través de un proyecto factible (diseño de una férula) enmarcado en la investigación científica, para lo cual se basó en la electroestimulación que es considerada como una forma de electroterapia y una técnica

que genera contracciones musculares a través de impulsos eléctricos producidos por un electro-estimulador. El diseño no considero el estudio comparativo con otros casos sino se adecuo la propuesta a estudiar el caso de un paciente cuyas afecciones fueron previamente explicadas. El electroestimulador es conectado al cuerpo del paciente a través de pequeños electrodos en la piel, siendo capaz de producir uno o varios tipos de corriente, en función del tipo de lesión que tenga el paciente, con el objetivo de lograr un impulso eléctrico capaz de generar una respuesta motora (véase la figura 1).

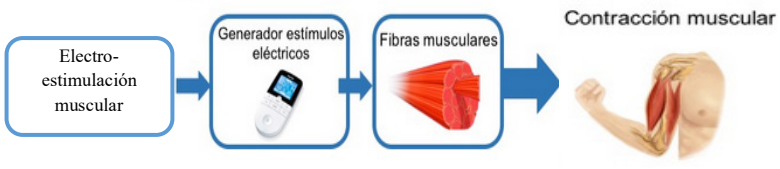


Figura 1 – Cadena que sigue el electroestimulador para una contracción muscular.

Como primer paso de esta investigación, se ha diseñado una férula automática que tiene como objetivo principal aliviar los síntomas de dolor y prevenir posibles deformaciones y lesiones más graves en los pacientes con afecciones de contracciones musculares. La férula ha sido diseñada con materiales de acero quirúrgico y textil lo cual brinda comodidad al paciente al momento de la rehabilitación (véase en la figura 2).

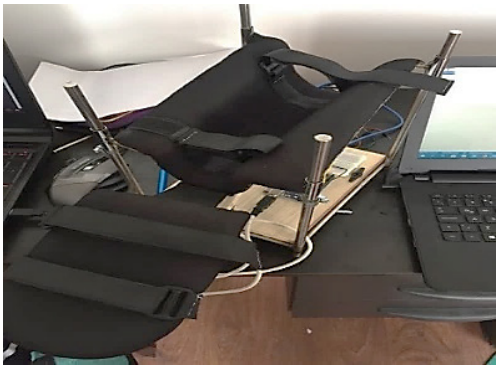


Figura 2 – Diseño de la férula dinámica automática.

2.1. Procedimiento y Análisis

El diagrama del sistema de monitoreo, análisis y control está conformado por: i) *una base de datos y una cámara (en Matlab)*: para el almacenamiento y visualización de datos; ii) *un PC y un ARDUINO*: para el control y automatización de la férula; y iii) *una férula*: para la electroestimulación (véase el diagrama en la figura 3).

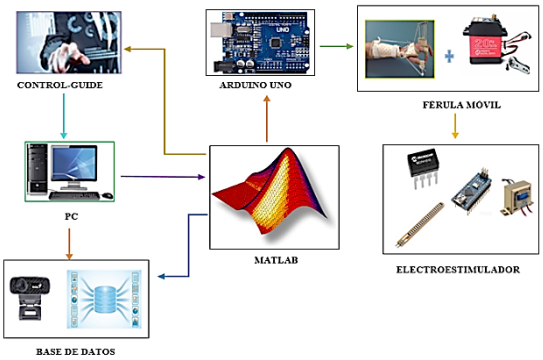


Figura 3 – Diagrama general del sistema.

2.2. Funcionamiento de la Férula

Para el funcionamiento (automatización) de la férula, se utilizó dos servomotores digitales de 20 Kg acoplados uno sobre otro y conectados con la tarjeta Arduino Uno (véase en la figura 4), esto permite ejercer movimientos de la muñeca y mano de abajo hacia arriba y de izquierda a derecha.

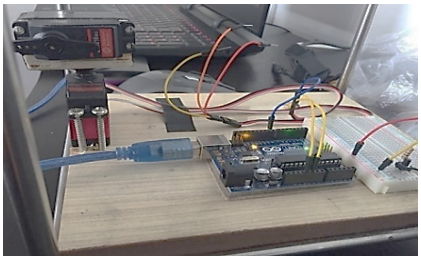


Figura 4 – Servomotores conectados a la tarjeta Arduino.

Para la programación de los movimientos (giros) de los servomotores, se ha realizado la programación en Matlab en donde se instaló la librería de Arduino Uno. El diagrama de funcionamiento de la férula estaría compuesto por los siguientes componentes inicio, Interfaz Matlab, Transmisión de datos y luego la ejecución de Arduino y posteriormente el funcionamiento de los servomotores. En la figura 5 se aprecia los componentes descritos:

La electroterapia que se aplica a los pacientes transcutáneamente pretende sustituir los impulsos eléctricos propios del sistema nervioso. El electroestimulador diseñado es capaz de superar las barreras de la piel, tejido celular subcutáneo y distancia hasta el nervio (fibra muscular) pretendida, también permite generar respuestas que el propio sistema nervioso es incapaz de provocar (como el tratamiento de parálisis). Dependiendo

del tipo de lesión que el paciente presente se seleccionarán los parámetros de modo de trabajo del electroestimulador (véase en la tabla 1).

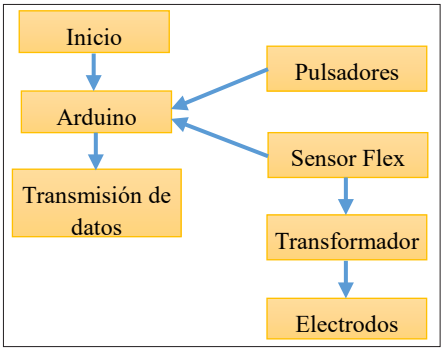


Figura 5 – Diagrama de funcionamiento del electroestimulador.

Los parámetros considerados son los siguientes en primer lugar la *Frecuencia*: es el espacio de tiempo entre pulsos generados, siendo la clave para indicar al cuerpo el tipo de fibra a activar. En segundo lugar la *Intensidad*: es la amplitud del impulso que recibe los músculos, estos varían hasta encontrar el valor que alivie y/o estimule al musculo. Y el tercero la *Duración*: es la duración total del programa de estimulación que ha sido seleccionado. Los datos utilizados en el tren de pulsos para obtener una frecuencia de 18 Hz y 83 Hz son: pulso alto (5 ms) y (1 ms) y pulso bajo (50 ms) y (11 ms).

2.3. Diseño Del Sistema Therapycenter

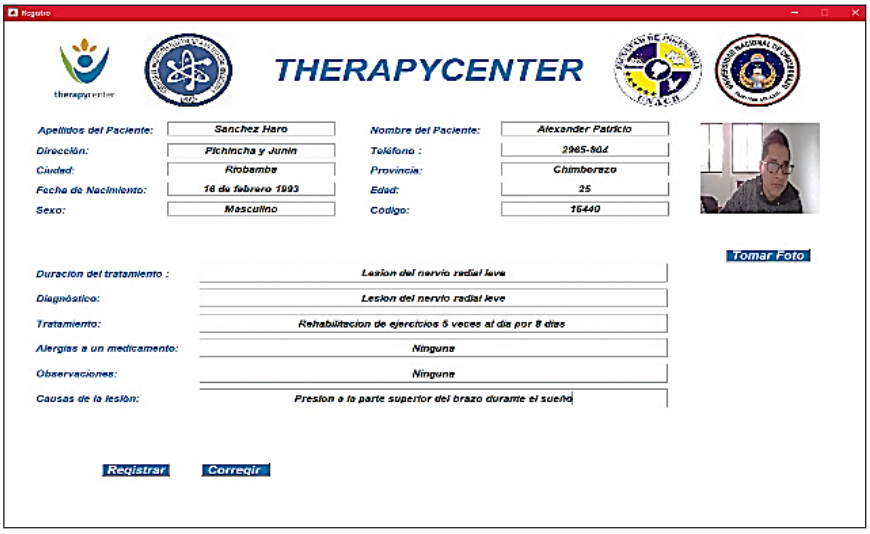


Figura 6 – Diseño de la ficha médica en el sistema en Guide- Matlab (Therapycenter).

El sistema *Therapycenter* fue diseñado en Guide – Matlab, en donde se ha creado la interfaz con datos del paciente entre los que se destacan: datos personales del paciente y las causas de la lesión, solicitándose : Apellidos, Nombres, Dirección, Teléfono, Ciudad, Provincia, Fecha de Nacimiento, Edad, Sexo, Contraseña de Ingreso al Sistema, Duración del Tratamiento, Diagnóstico, Tipo de Tratamiento, Alergias a algún Medicamento, Nombre de las Vacunas, Enfermedades Padecidas, otras Observaciones referidas a las causas de la lesión y Fotografía que será tomada por el mismo sistema. Con todos los datos ingresados se crea la ficha médica del paciente (véase en la figura 6).

Todos los datos registrados (Guide - Matlab) en la ficha médica del paciente, son almacenados automáticamente en la base de datos creada en Matlab, dichos datos pueden ser visualizados en Excel para posibles archivos.

Diseño Del Electroestimulador

El electroestimulador fue desarrollado con la finalidad de complementar la recuperación del paciente con lesión del nervio radial o mano caída, destacándose que el sistema no contempla los sobrevalores ya que los valores para curar este tipo de lesiones ya están identificados en el programa por lo cual el sobre valor es inexistente. Los dispositivos que fueron utilizados para el diseño del electroestimulador son mostrados en la tabla 2.

Características	Funcionalidad
Arduino Uno	
Microcontrolador: ATmega328 **Voltaje Operativo:** 5v **Voltaje de Entrada:** 7 – 12 v **Pines de I/O Digital:** 14 **Pines de Entradas Análogas**: 6 **Memoria Flash:** 32 KB (ATmega328) **SRAM:** 2 KB (ATmega328)	Permiten la activación del electroestimulador automáticamente.
Sensores Flex	
Forma: Delgada de 7 cm **Resistencia:** 10 a 50 KOhms **Voltaje:** 5 a 12 V **Flexión:** 0°- 10° dará la resistencia de 1k y 80° - 90° dará una resistencia 30 a 40 KOhms	Produce una resistencia variable en función del grado al que este doblada.
Potenciómetro digital MPC41010	
Numero de pines 8 **Resistacia:** Variable 0-10KOhms **Voltaje de entrada:** 2.7v a 5.5v **Resolución:** 4bits **Tolerancia:** +/- 5%	Facilidad de variar la resistencia mediante la variación de bits, esto hace que se configure automáticamente enviando el código desde Arduino.
Transformador	
Voltaje: 120v a 9v **Tipo:** Reductor **Nucleo:** Nucleo de hierro **Frecuencia:** 60Hz	Permite bajar el voltaje de 110V a 9V, para que los componentes electrónicos puedan funcionar ya que estos funcionan con voltajes bajos.

Transistor tip31	
Voltaje emisor : 100v **Tipo:** NPN **Discipacion de Potencia de 40** **Temperatura de unión de funcionamiento:** -65°C a 150°C **Corriente del colector:** 3A **3 pines, encapsulado TO-220**	Es un transistor de 110V con polaridad NPN, epitexial de silicio usado para la conmutación de potencia media lineal, permitiendo que funcione el electroestimulador a baja corriente.
Leds	
Voltaje Operativo: 5V Leds color rojo	Diodo emisor de luz, que permite ver si el dispositivo está funcionando.
Pulsadores	
Voltaje Operativo: 5V **Boton pulsador**	Permite enviar una señal, para que se encienda el dispositivo de electroestimulación.
Conector	
Conector con 2 pines	Permite unir dos conectores sin necesidad de un empalme.
Batería	
Voltaje Operativo: 12V Bateria recargable	Fuente de poder, que permite el funcionamiento del dispositivo de electroestimulación.

Tabla 2 – Características y funcionalidad de los dispositivos que fueron utilizados para el diseño del electroestimulador.

El diagrama de funcionamiento del electroestimulador es mostrado en la figura 7.

3.1. Implementación Del Electroestimulador

Para la implementación del electroestimulador se ha realizado la conexión del Arduino y el potenciómetro digital MPC41010 tal y como se muestra en la figura 8.

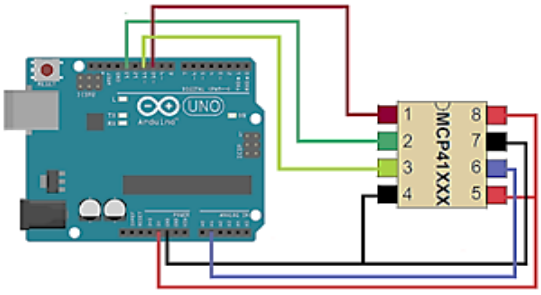


Figura 8 – Conexión del Arduino y MCP41010 a través de la interfaz SPI.

3.2. Cálculos de la intensidad del electroestimulador

Los valores para calcular la intensidad (*I*) del electroestimulador son los siguientes: Transformador 120/9V con relación de (1 a 13.33) voltios (*V*), una alimentación de 3V con una salida de 40V, y una resistencia (*R*) de 600Ω.

$$I = \frac{V}{R} \tag{1}$$

$$f = \frac{1}{T} \tag{2}$$

La corriente máxima a un tren de pulsos de 12ms es *I*=0.067A = 66.67mA ≈ 67mA, calculado con la Eq. 1. Para generar la onda a una frecuencia (*f*) de 83Hz, los pulsos de tiempo (*T*) van a ser muy pequeños con el pulso en alto de 1 ms y el pulso en bajo de 11ms, en donde tendremos una onda triangular con una intensidad de 7mA aplicando la relación de 67mA/10 calculado con la Eq. 2.

Mientras que para generar la onda a una frecuencia de 18Hz, el pulso en alto es de 5ms y el pulso en bajo es de 50ms generando una onda triangular con una intensidad de 7mA calculado con la Eq. 2. El funcionamiento del electroestimulador está compuesto de 2 algoritmos que trabajan en paralelo. Véase en los siguientes algoritmos propuestos a continuación.

Algoritmo 1: Pseudo-Code Electroestimulador

```
Input: CS, PotWiperVoltage, RawVoltage, Voltage, level, flexPin, value, M1, M2, M3, St, L1, L2, L3, SET, estado, modo
pinMode (CS, OUTPUT);
Serial.begin (9600)
SPI.begin();
1: pinMode (L1, L2, L3, OUTPUT);              //Inicio de leds como salida
2: pinMode (M1, M2, M3,  St, OUTPUT);      //Inicio de botones como entrada
3: While(estado ==0)
4: M1, M2, M3, SET = digitalRead(M1, M2, M3, St);     //Lectura de los estados
5: If (M1==HIGH)
6:    modo=1;
7:    estado=0;
8:    digitalWrite(L1, HIGH);
9:    digitalWrite(L2, LOW);
10:   digitalWrite(L3, LOW);
11: end if
12: If (M2==HIGH)
13:    modo=2;
14:    estado=0;
15:    digitalWrite(L1, LOW);
16:    digitalWrite(L2, HIGH);
17:    digitalWrite(L3, LOW);
18: end if
12: If (M3==HIGH)
13:    modo=3;
14:    estado=0;
15:    digitalWrite(L1, LOW);
16:    digitalWrite(L2, LOW);
```

Algoritmo 1: Pseudo-Code Electroestimulador

```
17:    digitalWrite(L3, HIGH);
18: end if
19: If (SET==HIGH)
20:    estado=1;
21:    digitalWrite(L1, HIGH);
22:    digitalWrite(L2, HIGH);
23:    digitalWrite(L3, HIGH);
24:    delay(200);
25:    digitalWrite(L1, LOW);
26:    digitalWrite(L2, LOW);
27:    digitalWrite(L3, LOW);
28:    delay(200);
29: end if
30: end while
//Sensor
31: While (modo==1)            //Inicio modo 1
32:    digitalWrite(L1, HIGH);
33:    digitalWrite(L2, LOW);
34:    digitalWrite(L3, LOW);
35:    value=analogRead(flexPin);
36:    Serial.println(value);
37: if (value>800)
38: for (int level=230; level<255; level++)
39:       MCP41010Write(225);
40:       delay(11);            //Frecuencia 83Hz
41: end for
42: end if
43:       MCP41010Write(150);
44:       delay(5);
45:       MCP41010Write(0);
46:       delay(50);
47: end while                        //Fin modo 1
48: //continuamos de la misma manera hacemos para el modo 2 y modo 3
49:       digitalWrite (CS, LOW);      //Function MCP41010Write
50:        SPI.transfer(B00010001);
51:              SPI.transfer(value);
52:               digitalWrite(CS, HIGH);
53:FIN
```

Algoritmo 2: Pseudo-Code Servomotores

```
Input: a, s
a=arduino(`COM4`,`uno`);
s=servo(a, `D9`);
Inincio
1: for i=1:8
2:    writePosition(s,0.15);
3:    pause(1);
4:    writePosition(s,0.45);
5:    pause(1);
6: end for
7:    writePosition(s,0.3);
8:    a=arduino(`COM4`,`uno`);
9:    s=servo(a, `D9`);
10: for i=1:8
11:    writePosition(s,0.2);
```

Algoritmo 2: Pseudo-Code Servomotores

```
12:    pause(1);
13:    writePosition(s,0.4);
14:    pause(1);
15: end for
16:    writePosition(s,0.35);
17:     pause(1);
18:FIN
```

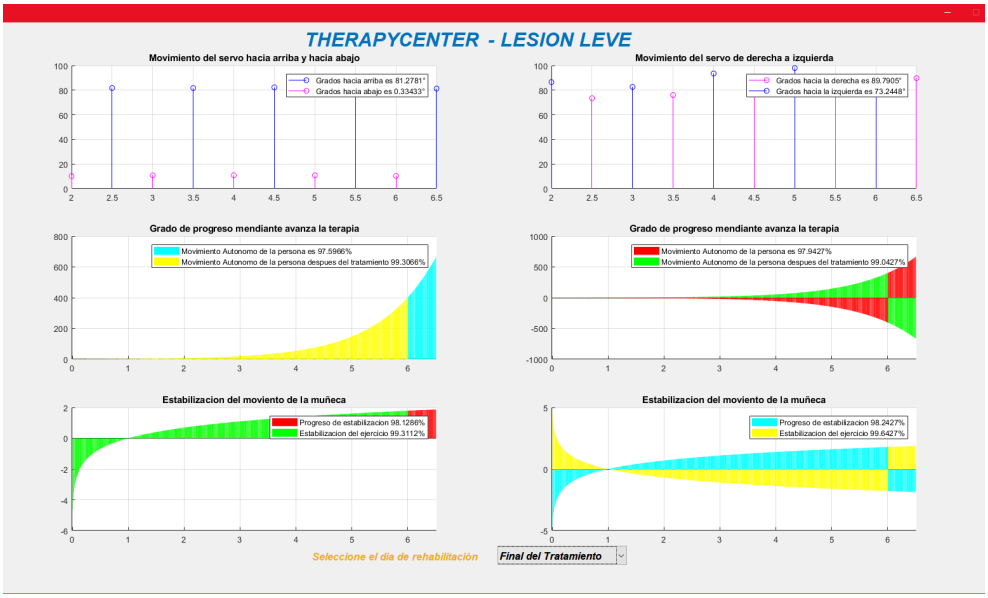


Figura 9 – Representación de los resultados de la movilidad de la férula, movimientos de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha de la muñeca y de la mano en tiempo real tomados a un paciente durante su rehabilitación.

La figura 9 destaca gráficamente el proceso de los ejercicios necesarios en la rehabilitación del paciente, no obstante en la misma se muestra la terapia en lesión leve, dado que en otro tipo de lesión (media y severa) se requería un mayor número de ejercicios de igual forma en un mayor número de días, para efecto de esta investigación se consideró solo la leve por el termino de tiempo en las terapias.

4. Resultados y Discusión

Los resultados experimentales obtenidos muestran las diferentes pruebas que fueron realizadas en la base de datos, sistema de electroestimulación y sistema de servos, los cuales en conjunto forman el progreso de recuperación de la muñeca y del nervio radial en el paciente.

4.1. Resultados de la Rehabilitación del Nervio Radial con la ayuda de la Férula

En esta subsección mostramos los resultados de recuperación de una lesión leve del nervio radial obtenido de un paciente, en los resultados mostramos los ángulos de elevación de la muñeca y el progreso que día a día se fueron obteniendo. El sistema mostrara resultados en porcentajes del progreso y movimiento autónomo del paciente.

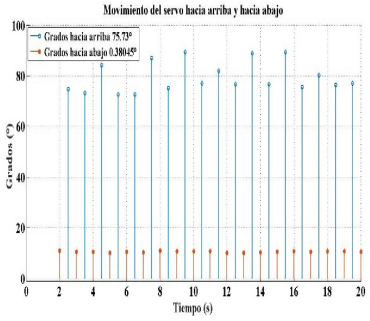
Hora	Tiempo	Ángulo Hacia Arriba/Abajo	Ángulo De Izquierda / Derecha	Progreso
Día 1 - 5/02/2019				
8:00	2 m	72.4°- 0.98 °	73.5° - 84.5°	11.36 %
11:00	2 m	78.8°- 0.10 °	79.2° - 86.7°	10.77 %
14:00	2 m	83.7°- 0.23 °	85.1° - 87.1°	12.66 %
17:00	2 m	87.4°- 0.55 °	87.7° - 88.3°	10.40 %
20: 00	2 m	89.2°- 0.12 °	88.5° - 89.9°	11.76 %
Promedio		**82.3° - 0.39°**	**82,8° - 87.3°**	**11.39%**
Día 2 - 6/02/2019				
8:00	1.5 m	77.22°- 0.51 °	81.5° - 83.3°	24.73 %
11:00	1.5 m	79.9°- 0.58 °	85.3° - 87.2°	22.40 %
14:00	1.5 m	81.9°- 0.69°	86.5° - 88.5°	21.24 %
17:00	1.5 m	85.7°- 0.54 °	87.2° - 87.62°	24.80 %
20: 00	1.5 m	88.1°- 0.77 °	88.23° - 81.5°	25.01 %
Promedio		**82.56° - 0.62°**	**85.75° – 85.62°**	**23.64%**
Día 3 - 7/02/2019				
8:00	1 m	77°- 0.88 °	80.45° - 79.29°	34.04%
11:00	1 m	79.4°- 0.59 °	85.04° - 80.20°	36.01 %
14:00	1 m	87.5°- 0.37 °	89.01° - 80.09°	36.55 %
17:00	1 m	89.1°- 0.24 °	83.09° - 78.25°	34.79 %
20: 00	1 m	90°- 0.92°	87.45° - 89.25°	35.09 %
Promedio		**84.6° - 0.6°**	**85.01° - 81.42°**	35.3%
Día 4 - 8/02/2019				
8:00	1 m	78.2°- 0.68 °	76.8° - 86.5°	40.45%
11:00	1 m	79.7°- 0.50 °	76° - 87.7°	45.20 %
14:00	1 m	83.4°- 0.33 °	86.1° - 86.1°	59.25 %
17:00	1 m	83.4°- 0.45 °	89.7° - 89.3°	50.85 %
20: 00	1 m	89.1°- 0.82 °	84.5° - 83.9°	48.09 %
Promedio		**82.76° - 0.56°**	**82.62° - 86.7°**	**48.77%**
Día 5 - 9/02/2019				
8:00	1 m	75.5°- 0.58 °	83.5° - 85.2°	59.40 %
11:00	1 m	78.6°- 0.30 °	89.2° - 86.3°	61.05 %
14:00	1 m	89.3°- 0.83 °	83.1° - 87.32°	60.21 %
17:00	1 m	82.1°- 0.95 °	87.7° - 82.1°	59.06 %
20: 00	1 m	79.2°- 0.52 °	86.5° - 87.2°	62.07 %
Promedio		**80.94° - 0.64°**	**86° - 85.62°**	**60.36%**
Día 6 - 10/02/2019				

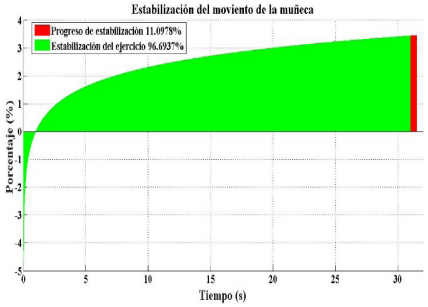
8:00	45 s	72.4°- 0.98 °	78.5° - 85.5°	79.36 %
11:00	45 s	78.8°- 0.10 °	76.2° - 86.7°	75.77 %
14:00	45 s	83.7°- 0.23 °	86.1° - 87.1°	80.66 %
17:00	45 s	87.4°- 0.55 °	82.7° - 88.3°	89.40 %
20: 00	45 s	89.2°- 0.12 °	89.5° - 83.9°	79.76 %
Promedio		**82.3° - 0.39°**	**82.6° - 86.3°**	**80.99%**
		Día 7 - 11/02/2019		
8:00	30 s	78.6°- 0.58 °	79.7° - 88.6°	85.16 %
11:00	30 s	76.9°- 0.90 °	76.7° - 89.9°	89.67 %
14:00	30 s	83.4°- 0.63 °	86.3° - 83.47°	84.76 %
17:00	30 s	84.5°- 0.65 °	89.9° - 85.8°	83.20 %
20: 00	30 s	89.9°- 0.82 °	83.7° - 87.3°	87.86 %
Promedio		**82.66° - 0.72°**	**83.26° - 87.014°**	**86.13%**
		Día 8 - 12/02/2019		
8:00	15 s	76°- 0.95 °	76.7° - 89.5°	95.52 %
11:00	15 s	76.2°- 0.65 °	73.6° - 85.7°	94.36 %
14:00	15 s	83.4°- 0.48 °	83.9° - 87.1°	96.21 %
17:00	15 s	88.1°- 0.87 °	84.6° - 89.3°	98.21 %
20: 00	15 s	90°- 0.93 °	87.7° - 83.9°	99.12 %
Promedio		**82.74° - 0.776°**	81.3° - 87.1°	96.69%

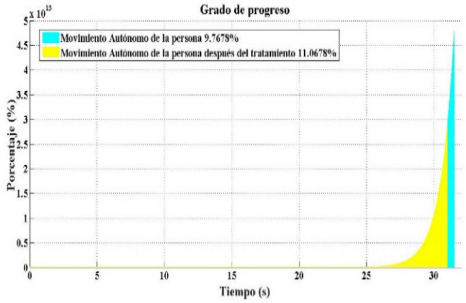
Tabla 3 – Resultados del tratamiento de una lesión del nervio radial en un paciente con una lesión leve.

En la tabla 3, mostramos día a día los 8 días de recuperación de un paciente con lesión leve del nervio radial, como podemos observar en la tabla 3 el paciente ha tenido un tiempo de terapia de entre 15 segundos a 2 minutos por 5 veces al día por un total de 8 días, el tiempo de terapia va disminuyendo desde el primer día (2 minutos) hasta el último día (15 segundos) ya que el paciente se va recuperando día tras día. El dispositivo (férula) con la ayuda de Matlab nos arrojaron el día 1 hasta el día 8 un promedio de resultados de (11.39 a 96.68) % respectivamente, con un progreso en recuperación de (5 a 13) % por cada día. Según los resultados el paciente ha tenido una mejora progresiva impresionante durante los 8 días de la rehabilitación, ya que el paciente en el último día presenta movilidad en la mano y dedos casi en su totalidad (véase en la figura 10 y 11).

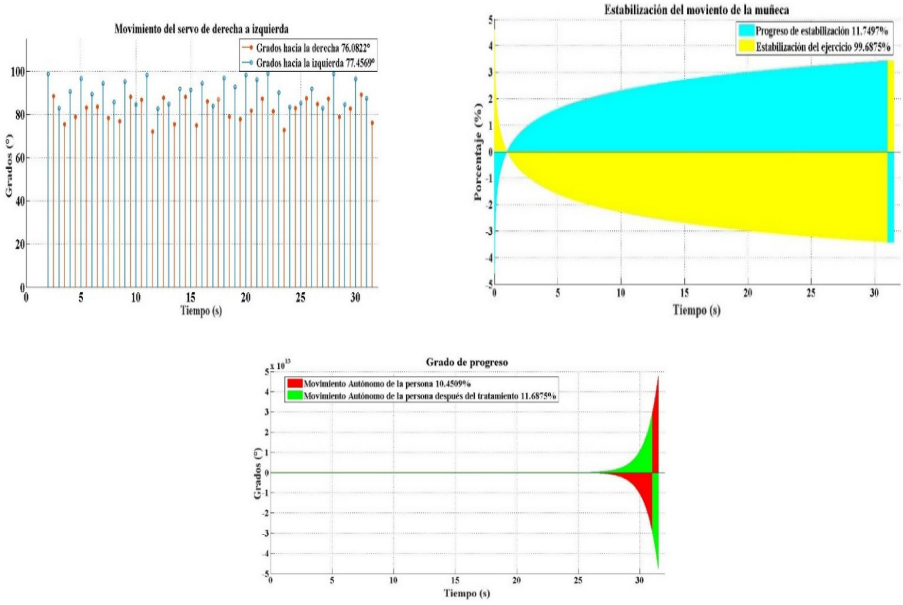
4.1.1. Resultados en tiempo real







a) Datos del día 1: Movimiento del servo hacia arriba y hacia abajo, grado de proceso del y estabilización del movimiento de la muñeca.



b) Datos del día 1: Movimiento del servo de derecha a izquierda, grado de progreso del y estabilización del movimiento de la muñeca.

Figura 10 – a) y b) muestran los resultados en tiempo real de los movimientos y recuperación en el día 1 de rehabilitación del paciente con una lesión leve.

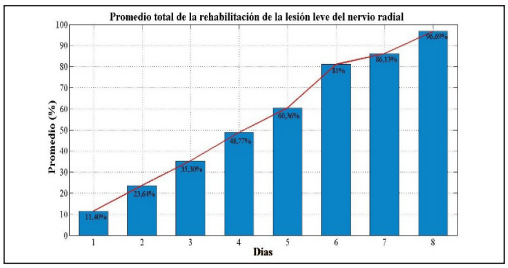


Figura 11 – Muestra el promedio total del mejoramiento del paciente por cada día.

4.1.2. Resultados de las pruebas de funcionamiento del electroestimulador

Para determinar la amplitud adecuada para el electroestimulador se utilizó una función *rampa* obtenida desde una leve contracción muscular que provoca el movimiento involuntario de la mano. Las funciones que son activadas con el sensor flex (colocado en la muñeca del paciente) son:

El *botón nivel 1* (véase en la tabla 4) del electroestimulador está programado con una frecuencia baja de 18Hz que tendrá un efecto relajante con una contracción muscular leve, y a una frecuencia de 83Hz con una contracción un poco más fuerte para que la mano no se caiga, haciendo así que el nervio radial se recupere. Mientras que el *botón nivel 2 y nivel 3* (véase en la tabla 4) del electroestimulador está programado con una frecuencia de 18 Hz que tendrá un efecto relajante con una contracción muscular leve, que será utilizado en el mismo instante de utilizar la férula autónoma con movimientos de abajo hacia arriba y de izquierda a derecha.

BE	F	PA	PB	I	VP	A
Botón Nivel 1	18 Hz	5ms	50 ms	7mA	150	1.05V
	83 Hz	1ms	11ms	7mA	225	1.50V
Botón Nivel 2	18Hz	5ms	50ms	7mA	150	1.05V
Botón Nivel 3	18Hz	5ms	50ms	7mA	160	1.12V

Tabla 4 – Frecuencias recomendadas por el fisioterapista al momento de utilizar la férula. BE=Botón del Electroestimulador; F=Frecuencia; PA= Pulso en Alto; PB=Pulso en Bajo; I=Intensidad; VP=Valores de Potenciómetro; A= Amplitud.

El electroestimulador trabaja mediante trenes de impulsos con tiempos de impulso, tiempos de reposo y amplitud, estos son ajustables con tiempo que oscilan entre 15-30 minutos para adaptarse a los parámetros requeridos por la fisiología neuromuscular de cada paciente (véase en figura 12).

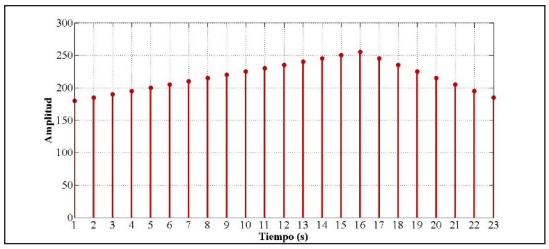


Figura 12 – Tiempos de reposo y amplitud ajustable.

Entre los mecanismos que permiten activar el nervio radial (nervio que está ligado a la movilidad de la muñeca y mano) tenemos: i) a través de rehabilitaciones diarias con ayuda de un fisioterapeuta durante un período de entre 6 a 12 meses; ii) colocación de férulas ortopédicas y iii) en pocos casos es a través de cirugías. Con los puntos antes mencionado efectivamente el paciente tiende a recuperarse, pero en un tiempo y costo considerable.

Hoy en día el avance y demanda de la tecnología es elevada, por lo que se debe dar una mejora a los sistemas de electromedicina con un bajo costo y fáciles de manejar. En la actualidad no existen férulas perfectas debido a que deben ajustarse a las necesidades, costumbres y trabajo del paciente, a pesar de esto son ideales en los primeros tres meses de rehabilitación cuando los síntomas han iniciado, pero no lo ideal para una rehabilitación completa. Por la problemática antes mencionada se ha implementado una férula automática con la finalidad de acortar tiempos de rehabilitación y recuperación, hacer rehabilitaciones en la comodidad del hogar y fácil de utilizar, para que los pacientes lo tomen como la mejor opción.

5. Conclusiones

El sistema de rehabilitación *Therapycenter* permite el monitoreo, análisis y control de una férula automática con un electroestimulador implementado a bajo costo, ayudo con eficiencia a las personas para que puedan hacer sus rehabilitaciones a diario y que sean monitoreadas por un fisioterapista desde una base de datos (Excel). La base de datos implementada en el sistema permite analizar el progreso mediante cuadros estadísticos de recuperación del paciente, de esta manera el fisioterapista puede continuar con el monitoreo continuo y evitando cualquier tipo de anomalía durante la rehabilitación del paciente. El electroestimulador portátil activado por el sensor flex ayudó a complementar la recuperación del paciente con una lesión del nervio radial, por lo mismo que se obtuvo resultados favorables y satisfactorios. Este diseño puede ser considerado para ser aplicado en el campo militar para aquellos funcionarios de las Fuerzas Armadas que en el momento de realizar sus entrenamientos y/o prácticas de campo sufrieran una determinada lesión por el uso de la maquinaria y/o armamentos que ellos manipulan donde las manos son preponderante podrán utilizar de manera correctiva ante una afección esta férula lo que garantizara que a futuro no sufra lesiones mayores.

Conflicto de Intereses

Los autores del presente trabajo declaramos que no existe ningún tipo de conflicto de interés.

Reconocimiento

Este trabajo fue hecho gracias a la colaboración del Departamento de Fisioterapia de la Universidad Nacional de Chimborazo y al MgS. Luis Poalasin (Profesional de salud). De igual manera los autores agradecen los aportes derivados del estudio original titulado Diseño e Implementación de una Férula automática para personas con lesiones en la muñeca y Nervio Radial.

Referencias

Ascencio, O., Gómez, D., Espejo, A. y Martín, P. (2007). Diseño y modelamiento de pie para prótesis transfemoral con sistema de amortiguación. Revista Épsilon. 9. 7-18.

Benjamín Ma, C. (10 de agosto de 2015). Fisiatria y Rehabilitación. Recuperado en https://medlineplus.gov/spanish. A.D.A.M. Editorial team. Consultado el 14 de octubre de 2016.

Buglioli M., Pérez G.A. Evaluación de tecnologías de salud. Revista Médica del Uruguay, 18, 1, 27-35, mayo de 2002.

Carlson, C. B. (2018). U.S. Patent Application No. 15/791,060.

eFisioterapia.net. (17 de Agosto de 2015). Obtenido de eFisioterapia.net: https://www.efisioterapia.net/articulos/electroestimulacion-y-fisioterapia

Fandos, T. B., & Gómez, M. V. N. (2000). Enfermería médico-quirúrgica: necesidad de movimiento. Elsevier España.

Fernández, 2010; Carnicero, 2010; Fernández, 2010) en Manual de Salud Electronica. Carnicero y Fernandez (Coordinadores). Cepal. Chile : Ediciones Naciones Unidas

Goodman C.S. Introduction to health technology assessment. The Lewin Group. Virginia, USA. 2004.

Kelly, S., Paterson, A., & Bibb, R. J. (2015). A review of wrist splint designs for additive manufacture.

Meier, R. (1999). Resultados contemporáneos para la persona con una amputación. Revista InMotion. 9(3). 1-3.

Mut, G., Romo, R., Dominguez, G. A. Q., & Gusberti, A. (2018). Quality Management System implemented in the Department of Electromedicine. Revista Argentina de Bioingeniería, 22(2), 38-43.

Singh, J. (2012). Textbook of Electrotherapy. Jaypee Brothers Publishers.

Tapia, L., Meneses, I., Ayala, G., & Bañados, E. (2015). Manual de Ortesis. Chile.

Torres, Y. (2005). Evaluación cuantitativa de una prótesis de miembro inferior unilateral. Tecnura. 9(17). 77-86.

Vera, B., Arias, C., Espejo, A. y Martín, P. (2007). Diseño de un encaje para prótesis de miembro inferior con amputación por encima de la rodilla. Revista Épsilon. (9), 19-28.

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

Recebido/Submission: 19/11/2019
Aceitação/Acceptance: 14/01/2020

Competencia digital en docentes universitarios: evaluación de relación entre actitud, formación y alfabetización en el uso de TIC en entornos educativos

David Alberto García Arango[1], Jorge Eliécer Villarreal Fernández [2], Óscar Andrés Cuéllar Rojas[3], Camilo Andrés Echeverri Gutiérrez[4], César Felipe Henao Villa[5], María Andrea Botero Grisales[6].

jvillarrealf@coruniamericana.edu.co, dagarcia@coruniamericana.edu.co, ocuellar@coruniamericana.edu.co, cecheverri@coruniamericana.edu.co, chenao@coruniamericana.edu.co, mabotero@coruniamericana.edu.co

[1]Docente Investigador – Corporación Universitaria Americana, Cra. 44 # 49-92, 050012, Medellín, Colombia.

[2] Docente Investigador – Corporación Universitaria Americana, Cra. 44 # 49-92, 050012, Medellín, Colombia.

[3] Docente Investigador – Corporación Universitaria Americana, Cra. 44 # 49-92, 050012, Medellín, Colombia.

[4] Docente Investigador – Corporación Universitaria Americana, Cra. 44 # 49-92, 050012, Medellín, Colombia.

[5] Docente – Corporación Universitaria Americana, Cra. 44 # 49-92, 050012, Medellín, Colombia.

[6] Docente – Corporación Universitaria Americana, Cra. 44 # 49-92, 050012, Medellín, Colombia.

Pages: 538–552

Resumen: Se presentan los resultados obtenidos de una evaluación de la influencia de la actitud, formación y nivel de alfabetización tecnológica en la implementación de metodologías basadas en TIC para diversos programas de formación en educación superior. La evaluación se llevó a cabo mediante una modelación de ecuación estructural de los factores obtenidos de la aplicación de un instrumento previamente validado a 93 docentes de una Institución de Educación Superior. Mediante la modelación se generaron dos escenarios de análisis que, enmarcados en el contexto institucional, permiten considerar con suficiente validez, los factores de mayor influencia en el establecimiento de políticas de gestión curricular orientadas al mejoramiento de la competencia digital docente. Un hallazgo de la investigación permite inferir la importancia de la orientación formativa del habitus docente como factor preponderante en el mejoramiento del uso de TIC en entornos educativos.

Palabras-clave: evaluación; competencia digital; docencia universitaria; habitus docente; TIC.

Digital competence in university teachers: evaluation of relation between attitude, training and digital literacy in the use of ICT in educational environments

Abstract: The results obtained from an evaluation of the influence of the attitude, training and level of technological literacy in the implementation of ICT-based methodologies for various academic curricula in higher education institutions are presented. The evaluation was carried out through a structural equation modeling (SEM) of the factors obtained from the application of a previously validated instrument to 93 teachers of a Higher Education Institution. Through the modeling, seven analysis scenarios were generated a contextualized allowing us to consider with enough validity, the factors with the greatest influence in the establishment of curricula management policies aimed at improving digital teaching skills. As a finding of the research allows us to infer the importance of a formative orientation of the teaching habitus as a preponderant factor in the improvement of the use of ICT in educational environments.

Keywords: evaluation; digital skills; university teaching; teaching habitus; TIC.

1. Introducción

En la actualidad el acceso a los programas de ingeniería se ha condicionado por las dificultades que implica el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias básicas (Capote, Rizo y Bravo. 2016). Las asignaturas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés) se han diferenciado considerablemente de las asignaturas de humanidades, con habilidades digitales focalizadas en las facultades de ciencias de la computación e ingeniería. Sin embargo, algunos autores afirman que el personal docente que ha desarrollado su carrera profesional en la academia pre-digital es resistente al cambio, sin darse cuenta o estando poco dispuesto a introducir aspectos digitales en su enseñanza (Różewski et al. 2019).

Se genera así una tensión creciente entre el constante cambio tecnológico y las dinámicas de los entornos educativos. Según Rojas y Humberto "la fundamentación en las disciplinas de ingenierías interdisciplinares será de obligatorio conocimiento. La investigación científica y tecnológica serán factores destacados en el nuevo escenario de la Industria 4.0 y en la enseñanza de la ingeniería 4.0" (2017, p.3). Escenario que se generaliza a las organizaciones inteligentes entendidas como un vehículo para la alta generación de transferencia de conocimiento que permite la aplicación de éste, para conectar hacia nuevos horizontes la empresa (en este caso las Instituciones de Educación Superior) y alcanzar así nuevos logros como equipo de trabajo, con innovación, nuevas tecnologías, sentido de pertenencia, liderazgo y sostenibilidad de los procesos generando valor compartido como centro de desarrollo de espacios de creación e ideación. (Drucker, 2007).

En este contexto, desarrollar la competencia digital en el sistema educativo requiere una correcta integración del uso de las tecnologías en las aulas y que los docentes tengan la formación necesaria en esa competencia. Es probablemente este último factor el más importante para el desarrollo de una cultura digital en el aula y la sintonía del sistema educativo con la nueva "sociedad red". (Hernández, 2018). Esto llama a poner atención y la acción sobre la innovación tecnológica, lo que exige actualizar las habilidades docentes y ponerlas a tono en el contexto de la cuarta revolución industrial y las exigencias de los

espacios de trabajo contemporáneo que se están creando y otros que aún no existen, pero se estiman por necesidad tecnológica.

Ahora bien, hablar de competencia digital no es algo simple, esta es una categoría de estudio, que se relaciona directamente con otras, como afirman Hall, Atkins y Fraser. (2014), los docentes que han desarrollado la competencia digital deben disponer de tres componentes fundamentales: **las habilidades, las actitudes y los conocimientos,** ellos favorecen un verdadero aprendizaje en un contexto enriquecido por la tecnología. La adquisición de éstos debe estar complementada por cambios en las **metodologías de aula**.

De los aspectos mencionados, diversos autores sostienen que la actitud que el docente tenga frente al uso de las tecnologías juega un papel importante para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje, así mismo afirman que será determinante en la actualización que éste tenga con respecto al tema y el conocimiento que posea sobre el mismo. En líneas generales, diversos teóricos reconocen que la actitud del docente puede aumentar en la medida en que tenga el conocimiento teórico y práctico sobre las TIC, cuente con los recursos necesarios dentro de la institución educativa en la que labore y esté capacitado para utilizar todos los recursos. (Rosales, 2014).

En este sentido, la literatura, sigue destacando la importancia de las actitudes, las creencias y el interés por las TIC como elementos que determinan la competencia digital docente (Tirado-Morueta y Aguaded Gómez. 2014). En el trabajo realizado en Cuéllar et al. (2019), se pone en evidencia cómo la actitud de los maestros puede condicionar los cambios metodológicos, esta afirmación es ratificada por García, González y Carvalho (2018), quienes encontraron una correlación positiva entre el grado de conocimiento de herramientas y recursos TIC y la competencia digital , sin embargo, estas investigaciones dejan abierta la posibilidad de indagar por otras interacciones como la formación del maestro en TIC y su alfabetización digital, esto con el objetivo de que se convierta en un prosumidor, dejando atrás el uso instrumental de las tecnologías digitales.

Con la finalidad de evaluar los presupuestos teóricos anteriores, se presentarán a continuación las relaciones entre habilidades, actitudes y conocimientos en el marco de la TIC para docentes de una Institución de Educación Superior. En un primer momento, se realizará una contextualización de la muestra y los hallazgos previos a la investigación, en un segundo momento se presentarán los aspectos metodológicos para la verificación de hipótesis de investigación a través de la evaluación por modelo de ecuación estructural, en un tercer momento se presentarán los resultados y respectiva interpretación de dos modelos relacionales que se denominarán escenarios, en un cuarto momento se realizará una discusión de los resultados obtenidos respecto a los aspectos teóricos asociados a la competencia digital docente, para finalmente proponer conclusiones con relación a los aspectos que influyen en la competencia digital en docentes universitarios.

2. Contextualización

La evaluación de aspectos asociados a la competencia digital en docentes universitarios tomó como base una investigación previa en la cual, se tuvo como población los docentes de una Institución de Educación Superior de la ciudad de Medellín. La muestra fue de 93 docentes participantes en las sesiones de formación docente de la institución y que hacen parte de los programas de pregrado que se ofrecen.

Las edades de los participantes se encuentran por encima de los 25 y se prolonga por encima de los 60. La muestra se puede agrupar por quinquenios, de manera que se encuentran 6 entre los 26 y los 30 años (6,3%), 17 entre los 31 y los 35 años, (17,9%), 17 se encuentran entre los 36 y los 40 años (17,9%), 24 docentes están en el rango de 41 a 45 años (25,3%), entre los 46 y 50 años se encuentran 12 docentes (12, 6%), la misma cantidad y porcentaje de los tienen entre 51 y 55 años, 4 docentes (4,2%), hacen parte del grupo que tiene entre 56 y 60 años y solo 3 docentes, tiene más de 60 años el (3,2%). El 27,4% de la muestra es de sexo femenino, 26 docentes, mientras que el 72,6% es de sexo masculino, 69 personas.

Con relación a los programas donde se encuentran trabajando se tiene que 18 docentes son de Administración Pública (19%), 20 corresponden a Contaduría Pública (22%), 31 docentes de Derecho (32,6%), 6 de Ingeniería de Sistemas (6,3%), 2 docentes de Ingeniería Industrial (2,1%), 4 docentes de Negocios Internacionales (4,2%) y 14 docentes de la Licenciatura en Pedagogía de la Primera Infancia (14,7%).

Frente al nivel profesional alcanzado por los docentes de la muestra, 4 de ellos son solo profesionales (4,2%), 75 docentes han alcanzado el nivel de maestría (79%), y entre doctores y posdoctores hay 6 docentes (6,3%). Otra variable considerada fue la experiencia en docencia universitaria, la cual también se agrupó en rangos de 5 años dada la diversidad que se encuentra en la muestra. De esta forma, 34 docentes tienen entre 0 y 5 años de experiencia (35,8%), 29 profesores tienen experiencia de entre 6 y 10 años (30,5%), 13 docentes entre 11 y 15 años (13,7%), 7 personas de la muestra se encuentran en el rango entre 16 y 20 años de experiencia docente (7,4%), y 9 docentes tienen entre 21 y 25 años de trabajo en formación universitaria (9,5%), solo un docente entre 26 y 30 años de experiencia (1,1%) y 2 docentes con más de 30 años (2,1%).

En la investigación previa se utilizó como instrumento de recolección de información el Cuestionario sobre la Competencia Digital del profesorado de la Educación Superior Española (Agreda Montoro, Hinojo Lucena, & Sola Reche, 2016), que fue construido a partir de la revisión de artículos de investigación referentes a la temática. El instrumento se compone de 112 ítems, que se distribuyen en 84 indicadores que a su vez se incluyen en cuatro dimensiones a saber: uso y alfabetización digital, metodología educativa a través de las TIC en el aula, formación de los docentes universitarios en TIC y actitud antes las TIC en Educación Superior.

El instrumento fue diseñado y validado por los autores del texto referenciado, que realizaron la validación de contenido a partir del juicio de seis doctores expertos del departamento de Didáctica y Organización Escolar y así como del departamento Psicología Evolutiva y el departamento de Educación de la Universidad de Granada, especialistas en la temática abordada. La fiabilidad fue hallada a través de la consistencia interna de los ítems, para ello se empleó el alfa de Cronbach y dos mitades de Guttman.

La fiabilidad queda constatada a partir de α= 0,920 en la prueba de alfa de Cronbach y 0,846 en la prueba de dos mitades de Guttman, considerándose muy buenos, indicando una fiabilidad alta del instrumento. Los coeficientes del alfa de Cronbach son superiores a 0,80 en todas las dimensiones, lo mismo con el valor del total de elementos que componen el instrumento; con lo que el cuestionario tiene una consistencia interna aceptable para la investigación.

El análisis factorial aplicado a la muestra en la investigación previa, dio como resultado los componentes por dimensiones y la respectiva ubicación de las preguntas del cuestionario que se detallan en la Tabla 1. Es importante aclarar que el análisis factorial permitió identificar bloques, que hacen referencia al conjunto de ítems del cuestionario aplicado y que responden a una dimensión específica de análisis. En este caso, el primer bloque corresponde al nivel de uso y alfabetización tecnológica por parte de los docentes, el segundo bloque corresponde a la implementación por parte de los docentes de metodologías TIC en el aula, el tercer bloque corresponde a la percepción que los docentes tienen respecto a la formación en TIC que se les ofrece desde la institución y el último bloque corresponde a la actitud de los docentes respecto a las TIC en educación superior.

Bloque o Dimensión	**Componente**	**Ítem o pregunta**	**Descripción del componente**
Uso y alfabetización tecnológica	C11	P1.1, P1.2, P1.3, P1.4, P1.5, P1.6, P1.13, P1.14,	Gestión de la información y la Comunicación
	C12	P1.7, P1.8, P1.9, P1.11, P1.12, P1.18	Gestión del aprendizaje y la participación
	C13	P1.10, P1.15, P1.16, P1.17	Gestión del conocimiento y curaduría de Contenido
Metodología educativa a través de las TIC en el aula	C21	P2.1, P2.2, P2.3, P2.4, P2.5, P2.6, P2.10, P2.12, P2.14, P2.15, P2.16, P2.19, P2.21, P2.23, P2.24	Gestión de la información y la Comunicación
	C22	P2.9, P2.11, P2.13, P2.20, P2.22, P2.25	Gestión del aprendizaje y la participación
	C23	P2.7, P2.8, P2.17, P2.18	Gestión del conocimiento y curaduría de Contenido
Formación del profesorado universitario en TIC	C31	P3.4, P3.7, P3.8, P3.9, P3.10, P3.12, P3.13, P3.14, P3.15, P3.16, P3.17, P3.18, P3.19	Gestión de la información y la Comunicación
	C32	P3.20, P3.21, P3.22, P3.23, P3.24, P3.25	Gestión del aprendizaje y la participación
	C33	P3.1, P3.2, P3.3, P3.5, P3.6, P3.11	Gestión del conocimiento y curaduría de Contenido
Actitud ante las TIC en educación superior	C41	P4.1, P4.2, P4.3, P4.5, P4.6, P4.7, P4.9, P4.10, P4.11	Cíclica – actitud emergente o de apertura al cambio
	C42	P4.4, P4.14, P4.15	En espiral – actitud disruptiva
	C43	P4.8, P4.12, P4.13, P4.16	Lineal – actitud tradicionalista

Tabla 1 – Relación entre dimensiones, componentes, variables y estilos. Descripción de los componentes obtenidos – Elaboración propia.

3. Metodología

Los aspectos metodológicos de la investigación se enmarcan en un enfoque mixto de lógica abductiva, tal y como lo propone Samaja (2012), indicando la posibilidad de asociar resultados y fundamentos teóricos para de esta forma dar cabida al caso de estudio. Con base en los referentes teóricos y atendiendo a los supuestos basados en el método del círculo hermenéutico (Rueda de Aranguren, 2017), se generaron interrogantes que a la luz de la teoría pueden ser reinterpretados mediante un tratamiento estadístico de los datos. Para este fin se consideraron los datos obtenidos de la aplicación de un instrumento previamente validado (Agreda Montoro, Hinojo Lucena, & Sola Reche, 2016), orientado a la identificación de la percepción que los docentes tienen acerca de su competencia digital. A los datos en cuestión, se les aplicó un análisis de componentes principales con rotación varimax en el software SPSS versión 23.0 (IBM Corp., 2015), tal y como se propone en Alaminos Chica, Francés García, Penalva Verdú, & Santacreu Fernández (2015). Los resultados de este análisis exploratorio pueden verse en la Tabla 1.

Debido al nivel exploratorio del análisis previamente realizado, se presentó la posibilidad de indagar a profundidad respecto al nivel de correlación y los valores de regresión que podrían generarse al establecer interacciones entre los bloques o dimensiones identificados en la Tabla 1. Para este fin se construyeron modelos por ecuaciones estructurales en el software Amos de SPSS (Arbuckle, 2014). La Modelación por Ecuación Estructural (SEM por sus siglas en inglés), es una "técnica multivariada que combina aspectos de análisis factorial y regresión múltiple que permite al investigador examinar simultáneamente varias series de relaciones de dependencia interrelacionadas entre la variables medidas y los constructos latentes o entre los mismos constructos latentes". (Hair, Black, Babin, & Anderson, 2014, pág. 546).

De lo anterior, se identifican como variables medidas, las relacionadas con los ítems o preguntas del cuestionario; éstas variables contibuyen a la identificación de las variables latentes que corresponden a las siguientes dimensiones: uso y alfabetización tecnológica, metodología educativa a través de las TIC en el aula, formación del profesorado universitario en TIC y actitud ante las TIC en educación superior. Estas dimensiones pueden considerarse como variables endógenas o exógenas, según la consideración de cuál variable o grupo de variables influye en las demás. La evaluación de la influencia se hace a través del ajuste del modelo donde se buscará un nivel de significación adecuado para la muestra con un valor p inferior a 0,05 tal y como se presenta en Coba Cisneros (2006).

Identificando posibles relaciones con base en los componentes teóricos previamente mencionados, se establecen dos escenarios de análisis con sus subsecuentes hipótesis que serán verificadas mediante el ajuste de modelo de tal forma que se obtengan conclusiones de la evaluación de incidencias entre las dimensiones en estudio. Con base en lo anterior, el proceso metodológico puede resumirse en lo presentado en la figura 1.

Puede observarse cómo mediante la lógica abductiva, se realizan contrastes de las hipótesis mediante el ajuste del modelo de ecuación estructural. Los resultados que se presentarán a continuación son los que siguen de la utilización del repositorio de ítems distribuidos en las cuatro dimensiones previamente mencionadas y que sirvieron de

insumo para la construcción y ajuste de diversos escenarios del modelo posibilitando de ésta forma la evaluación de hipótesis de incidencia entre las dimensiones.

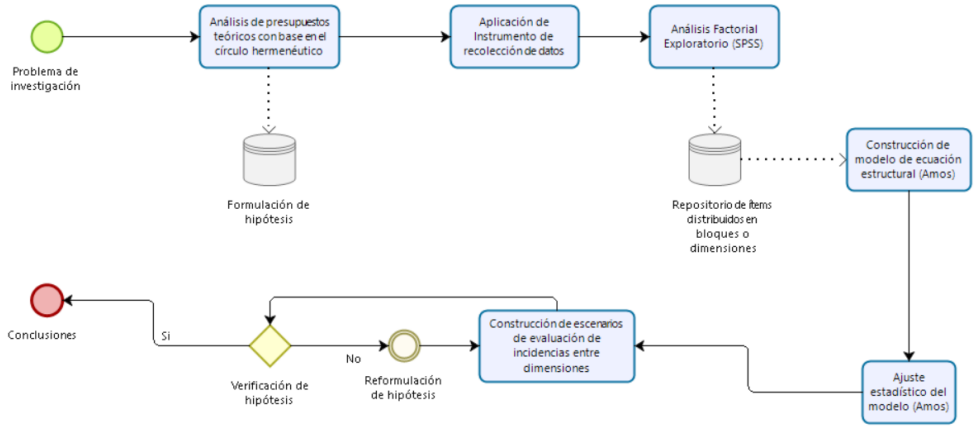


Figura 1 – Diseño metodológico de la investigación.
Elaboración propia con el software Bizagi (2013)

4. Resultados y análisis de resultados

Con base en la distribución de los 112 ítems y la respectiva clasificación de los 84 indicadores en las cuatro dimensiones de análisis, se realizó un ajuste de modelo que conllevó la reducción de 84 indicadores a 50. La reducción de indicadores por dimensión y la descripción general del contenido de éstos, puede verificarse en la Tabla 2.

Dimensión	Retira	Conserva	Reducción	Descripción general
Uso y alfabetización tecnológica	8	10	44,4%	Preguntas que relacionan el conocimiento de aplicaciones y tecnologías relativamente sencillas de implementar en entornos educativos. Se excluyeron aplicaciones de alta complejidad o que no se pueden aplicar en multiplicidad de áreas del conocimiento.
Metodología educativa a través de las TIC en el aula	1	14	44%	Se privilegian preguntas de implementación de TIC que requieren un nivel intermedio de dificultad. En ese sentido, se excluyeron preguntas de implementación de metodologías de nivel de exigencia considerado "bajo" como las relacionadas con la utilización de videos y se excluyeron también las metodologías de nivel de exigencia "alto" como la utilización de simuladores, videojuegos o realidad aumentada.

Formación del profesorado universitario en TIC	7	18	28%	Se privilegian preguntas relacionadas con formación en autorregulación, manejo de diversidad, curaduría de contenidos y herramientas, evaluación y trabajo en red en tecnologías digitales. Se excluyen preguntas relacionadas con la resolución de problemas a través de TIC, trabajo en nube, análisis de horizontes en tecnología y las implicaciones del rol docente como guía o mediador en la implementación de TIC en el aula.
Actitud ante las TIC en educación superior.	8	8	50%	Se privilegian preguntas relacionadas con una actitud docente emergente o de apertura al cambio pero no totalmente disruptiva (cierta aversión al riesgo), en ese sentido hay una búsqueda de mejora paulatina de procesos en entornos educativos sin acercarse totalmente a cambios ubicuos o de tecnologías de punta pero sin demeritar la importancia del papel de las Tecnologías Digitales en el aula.
Total	34	50	40,4%	A través del ajuste de modelo, se observa que a través de los indicadores estadísticos proporcionados por el software Amos, quedan las preguntas que se sitúan de mejor forma en el contexto en el cual se está realizando el estudio, caracterizándose de esta forma un nivel de competencia en relación a las necesidades y posibilidades reales locales.

Tabla 2 – Reducción de indicadores después de ajuste estadístico del modelo – Descripción

El análisis presentado en la Tabla 2 muestra la descripción de las dimensiones respecto a los indicadores que quedaron después de ajustar los datos. En ese orden de ideas, mediante éste ajuste quedan las preguntas que son más representativas estadísticamente para la muestra. La viabilidad de este tipo de ajuste se presenta en Ullman (1996) quien citado por (Valdivieso Taborga, 2013, pág. 104) presenta que "existen dos motivos para reespecificar un modelo (es decir, eliminar o introducir relaciones entre las variables que los conforman). Estos motivos son: 1) mejorar su ajuste; y 2) contrastar alguna hipótesis teórica". El caso que compete al presente estudio se toma el mejoramiento de ajuste pero el resultado se estudia en el marco del contexto observando coherencia con la teoría y la competencia digital en el contexto de la Institución de Educación Superior de la cual se extrajo la muestra. En ese orden de ideas, el modelo obtenido se estimó mediante la medida de máxima verosimilitud. Respecto al ajuste del modelo, se obtuvo valores de CMIN/DF=1,367; CFI=0,903 y RMSEA=0,063 con un valor $p < 0.05$.

A continuación, y con base en el modelo obtenido, se presentarán y analizarán dos escenarios de relación entre la cuatro dimensiones de estudio y que han sido tratadas como variables latentes, en cada escenario las dimensiones pueden tomar el rol de variable latente endógena (variable dependiente) o de variable latente exógena (variable independiente).

4.1. Escenario 1: hipótesis de correlaciones.

En este escenario solo se consideran correlaciones, de esta forma las dimensiones se tratan únicamente como variables exógenas. Se generaron las siguientes hipótesis que serán contrastadas de forma similar a como se puede observar en Contreras, Espinosa, & Barbosa (2017):

H11: Existe una correlación significativa entre uso_alfabetización y metodología_ TIC_aula

H12: Existe una correlación significativa entre uso_alfabetización y formación_TIC

H13: Existe una correlación significativa entre uso_alfabetización y actitud_TIC

H14: Existe una correlación significativa entre actitud_TIC y formación_TIC

H15: Existe una correlación significativa entre metodología_TIC_aula y formación_TIC

H16: Existe una correlación significativa entre metodología_TIC_aula y actitud_TIC

Los resultados de modelo de ecuación estructural para estas hipótesis se verifican en la Figura 2. En la Tabla 3 se pueden observar los valores de estimación de las correlaciones junto con la respectiva verificación de hipótesis.

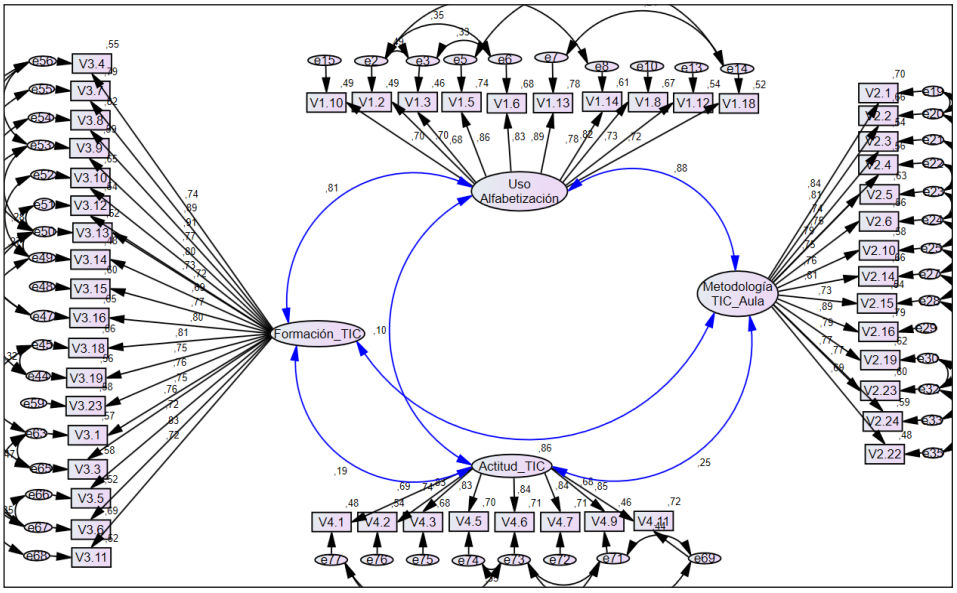


Figura 2 – Modelo de ecuación estructural para las correlaciones de las dimensiones de análisis (en azul). La expresión "Metodología TIC_Aula" se refiere a la implementación de metodologías TIC en entornos educativos. Elaboración propia.

Hipótesis	Coeficiente de correlación	Valor-p	Estado de la hipótesis
H11: Existe una correlación significativa entre uso_ alfabetización y metodología_TIC_aula	0,897	<0,001	Aceptada
H12: Existe una correlación significativa entre uso_ alfabetización y formación_TIC	0,810	<0,001	Aceptada
H13: Existe una correlación significativa entre uso_ alfabetización y actitud_TIC	0,100	0,372	Rechazada
H14: Existe una correlación significativa entre actitud_ TIC y formación_TIC	0,187	0,099	Rechazada
H15: Existe una correlación significativa entre metodología_TIC_aula y formación_TIC	0,861	<0,001	Aceptada
H16: Existe una correlación significativa entre metodología_TIC_aula y actitud_TIC	0,246	0,033	Aceptada

Tabla 3 – Valores obtenidos de verificación de las hipótesis de correlaciones.

Con base en los valores presentados en la Tabla 3, se observa que la mayoría de las correlaciones son significativas a excepción de las que relacionan el uso-alfabetización digital con la actitud hacia las TIC y las que relacionan la formación en TIC con la actitud hacia las TIC. Los valores más bajos de correlación están en los que se relacionan con la actitud hacia las TIC, se resalta la correlación entre actitud hacia las TIC e implementación de metodologías TIC en el aula que aunque es baja (0,246), es suficientemente significativa como para ser aprobada.

3.2. Escenario 2: hipótesis de incidencia en la implementación de metodologías TIC en el aula

En este escenario se consideran como variables latentes exógenas el uso-alfabetización, formación en TIC y la actitud hacia las TIC. El objetivo consiste en identificar el nivel de incidencia de estas variables en la única variable endógena denominada metodología TIC en el aula. Se generaron las siguientes hipótesis que serán contrastadas de forma similar al escenario 1 en el software Amos.

H11: El Uso_alfabetización influye en la Metodología TIC_Aula

H12: La Formación_TIC influye en la Metodología TIC_Aula

H13: La Actitud_TIC influye en la Metodología TIC_Aula

Los resultados de modelo de ecuación estructural para estas hipótesis se verifican en la Figura 3. En la Tabla 4 se pueden observar los valores de estimación de regresión y de regresión estandarizada junto con la respectiva verificación de hipótesis.

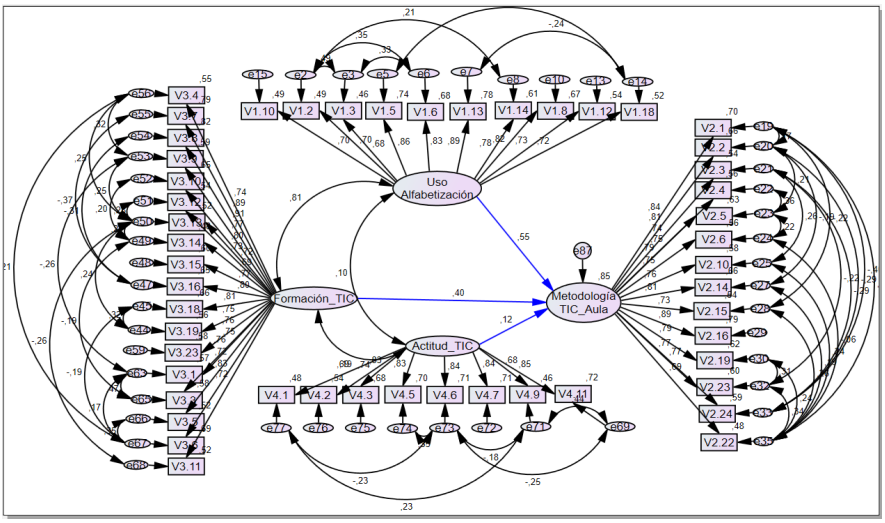


Figura 3 – Modelo de ecuación estructural para hipótesis de influencia de la formación, uso-alfabetización y Actitud TIC en la implementación de Metodologías TIC en entornos educativos (en azul). Elaboración propia.

Con base en los valores presentados en la Tabla 4, se observa que en las tres dimensiones (uso-alfabetización, formación-TIC y actitud-TIC) influyen significativamente en la implementación por parte de docentes de metodologías TIC en entornos educativos. El mayor valor de regresión lo tiene el uso-alfabetización digital, seguido de la formación TIC y por último la actitud-TIC. Este escenario concibe un estado en que el docente es analizado en su competencia digital para implementar metodologías TIC en el aula desde las tres dimensiones anteriormente mencionadas.

Hipótesis	**Coeficiente de regresión**	**Coeficiente de regresión estandarizado**	**Valor-p**	**Estado de la hipótesis**
H11: El Uso_alfabetización influye en la Metodología TIC_Aula	0,530	0,545	<0,001	Aceptada
H12: La Formación_TIC influye en la Metodología TIC_Aula	0,365	0,398	<0,001	Aceptada
H13: La Actitud_TIC influye en la Metodología TIC_Aula	0,118	0,117	0,024	Aceptada

Tabla 4 – Valores obtenidos de evaluación de hipótesis mediante pesos de regresiones en el modelo de ecuación estructural. Elaboración propia.

4. Discusión

En este apartado, es menester aclarar que si bien está evaluando un nivel de incidencia de una variable respecto a otra, no se está aseverando la existencia de una relación estrictamente causal por cuanto una relación causal implica el cumplimiento de condiciones muy precisas que propone como "covarianza entre causa y efecto, la causa debe ocurrir antes del efecto, no debe haber asociación espúrea entre la causa y el efecto, existe soporte teórico para la relación entre cuasa y efecto". (Hair, Black, Babin, & Anderson, 2014, pág. 565). De lo anterior, se presenta la necesidad de apoyar con un estudio longitudinal algunas de las incidencias que se presentarán a continuación para poder aseverar algún tipo de relación causal.

Los resultados obtenidos de correlación, van en una dirección contraria a los planteamientos de (Rosales, C.M, 2014) quien propone que "la actitud que el docente tenga frente al uso de las tecnologías juega un papel importante para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje así mismo será determinante la actualización que éste tenga con respecto al tema y el conocimiento que posea sobre el mismo". De hecho, en el texto de Muñoz Pérez & Cubo Delgado (2019) quienes también citan los autores anteriores, presentan que "los docentes con más años de experiencia docente, aquellos que en la mayoría de los casos suelen ser los de más edad a nivel personal son aquellos que presentan una mayor actitud hacia las tecnologías" y añade, "En la relación entre centro y actitud, volvemos a corroborar que es el profesorado de centros no específicos quienes presentan una menor actitud hacia las tecnologías, es decir, su falta de formación y de competencia docente hacen que su actitud positiva hacia las tecnologías sea escasa, o al contrario, esta actitud negativa hacia estas herramientas hace que la formación y la competencia sea mínima".

Para explicar los elementos que subyacen a las afirmaciones anteriores, más que acudir a una variable tan variopinta como la actitud, se debe considerar en primer lugar el factor de experiencia significativa docente como un elemento primordial que impacta significativamente en la implementación de metodologías TIC en entornos educativos, direccionando de esta forma un conjunto de experiencias modificatorias del conocimiento profesional. Entiéndase por conocimiento profesional como "el conjunto de informaciones, habilidades y valores que los profesores poseen, procedente tanto de su participación en procesos de formación (inicial y en ejercicio) cuanto del análisis de su experiencia práctica, una y otras puestas de manifiesto en su enfrentamiento con las demandas de complejidad, incertidumbre, singularidad y conflicto de valores propias de su actividad profesional, situaciones que representan, a su vez, oportunidades de nuevos conocimientos y de crecimiento profesional". (Montero, 2001, pág. 159).

De lo anterior, la modificación del conocimiento profesional además de influir más que la actitud en la implementación de nuevas metodologías, se puede potenciar mediante una formación por parte de las instituciones y las redes profesionales, una formación basada en la reflexión de la práctica pedagógica, llevando a una acción modificatoria de la actitud a través de la aplicación de "dispositivos que permitan la revisión crítica del habitus profesional que se va conformando" (Sanjurjo, 2012, pág. 22), lo anterior partiendo de un nivel de competencia digital acorde a la zona de desarrollo próximo del

docente. Algunas estrategias clave son los los proyectos integradores (García Arango, 2014) y los ateneos didácticos (Sanjurjo, Hernández, Alfonso, Foresi, & España, 2014).

5. Conclusiones

Respecto a los datos obtenidos de percepciones de los docentes de la muestra, se desliga a nivel de correlaciones el factor de actitud hacia las TIC como un aspecto relacionado con la necesidad del docente de alfabetización o formación en Tecnologías Digitales, llevando a reconsiderar la afirmación de autores como Cruz (2014) quienes presentan como factor principal de implementación de TIC en el aula la actitud hacia las TIC y confirmando que la actitud positiva hacia la inclusión de TIC en el aula es consecuencia de la formación profesional, tal y como se propone en Agreda Montoro, Hinojo Lucena, & Sola Reche (2016).

La actitud hacia lo digital es un factor terciario para la implementación de metodologías TIC en el aula en comparación con la formación y el uso o alfabetización digital. Una interpretación a este respecto puede considerarse a tenor de identificar cómo la incursión de las Tecnologías Digitales en entornos educativos, genera cambios en el conocimiento profesional, donde además de las instituciones, las redes que subyacen a ellas conllevan en sí mismas la necesidad apremiante de una formación o alfabetización digital basada en la contrastación de los saberes en la práctica consecuente con el ritmo de crecimiento del conocimiento en el complejo e incierto entorno local. Es entonces desde el aporte al mejoramiento y cualificación profesional que puede configurarse un factor diferenciador de la formación de docentes para la implementación de tecnologías en entornos educativos.

El modelo de ecuación estructural permitió identificar de forma estadísticamente significativa (Tablas 2, 3 y 4), los indicadores y las relaciones entre dimensiones más consecuentes con un nivel de partida de competencia digital docente y que es habilitante para la identificación de una zona de desarrollo próximo que permita configurar el establecimiento de políticas de gestión curricular que impacten en los procesos de formación en competencia digital del docente de la Institución de Educación Superior en estudio y por consiguiente en la calidad de los programas formativos (García Arango, Luján Rodríguez, Zemel, & Gallego-Quiceno, 2018). Una consecuente investigación a nivel transversal y longitudinal permitiría establecer más relaciones para una posible generalización.

Referencias

Agreda Montoro, M., Hinojo Lucena, M. A., & Sola Reche, J. M. (2016). Diseño y validación de un instrumento para evaluar la competencia digital de los docentes en la educación superior española. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*(49), 39-56. doi:http://dx.doi.org/10.12795/pixelbit.2016.i49.03

Alaminos Chica, A., Francés García, F. J., Penalva Verdú, C., & Santacreu Fernández, Ó. A. (2015). *Análisis multivariante para las Ciencias Sociales I. Índices de distancia, conglomerados y análisis factorial.* Ecuador: PYDLOS Ediciones.

Arbuckle, J. L. (2014). Amos (Versión 23.0). Chicago: IBM SPSS.

Bizagi. (2013). *Bizagi Process Modeler*. Bogotá: Bizagi Limited.

Capote León, G. E., Rizo Rabelo, N., & Bravo López, G. (2016). La formación de ingenieros en la actualidad. Una explicación necesaria. Revista Universidad y Sociedad, 8(1), 21-28.

Coba Cisneros, M. (2006). *Modelización de ecuaciones estructurales*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Contreras, F., Espinosa, J. C., & Barbosa, D. (2017). Entrepreneurial intentions of Colombian business students Planned behaviour, leadership skills and social capital. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, 1-16.

Cuéllar, O., García, D., Villarreal, J., Gallego, D., Echeverri, C. y Henao, C. (2019). *Digital attitude in university teachers and emerging factors: a case study in the colombian context for the implementation of MOOC courses type*. 9 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Coimbra, Portugal, 2019, pp. 1-6.

Drucker, P. (2007). De líder a líder. Barcelona: Ediciones Granica S.A.

García Arango, D. A. (2014). La estrategia de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP): hacia un modelo constructivista en los programas de Ingeniería. *Journal of Engineering & Technology*, 20-35.

García Arango, D. A., Luján Rodríguez, G., Zemel, M. E., & Gallego-Quiceno, D. E. (2018). Calidad en instituciones de educación superior: análisis comparativo entre modelos. *Revista Venezolana de Gerencia, 23*(1)

García, J. L. C., González, R. F. L., & Carvalho, J. L. T. (2018). Correlación entre el conocimiento, actitud hacia las TIC y las emociones en el máster universitario de formación del profesorado y TIC. *Revista Internacional de Tecnologías en la Educación*, 5(2), 69-79.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2014). *Multivariate Data Analysis*. Londres: Pearson.

Hall, R., Atkins, L. & Fraser, J. (2014). Defining a self-evaluation digital literacy framework for secondary educators. Research in Learning Technology, 22.

Hernández, S. M. B. (2018). Marco común de competencia digital docente. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 21(1), 369-370.

IBM Corp. (2015). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0. Armonk, NY.

Montero, L. (2001). *La construcción del conocimiento profesional docente*. Rosario: Homo Sapiens.

Muñoz Pérez, E., & Cubo Delgado, S. (2019). Competencia digital, formación y actitud del profesorado de educación especial hacia las Tecnologías de la Información y la comunicación (TIC). *Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado.*, 209-241.

Rojas, C., & Humberto, J. (2017). *La Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 y su Impacto en la Educación Superior en Ingeniería en Latinoamérica y el Caribe*. Universidad Antonio Nariño, Colombia.

Rosales, C.M. (2014). *Actitud de los maestros de primaria de la institución privada de Santa Catarina Pinula frente a las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en la labor docente*. Tesis de grado.

Różewski, P., Kieruzel, M., Lipczyński, T., Prys, M., Sicilia, M. A., García-Barriocanal, E., ... & Uras, F. (2019). Concept of expert system for creation of personalized, digital skills learning pathway. Procedia Computer Science, 159, 2304-2312.

Rueda de Aranguren, D. M. (2017). El círculo hermenéutico... el círculo de la comprensión. *Analéctica*, 1-4.

Samaja, J. (2012). *Epistemología y metodología. Elementos para una teoría de la investigación científica*. Buenos Aires: Eudeba.

Sanjurjo, L. (2012). Socializar experiencias de formación en prácticas profesionales: un modo de desarrollo profesional. *Praxis educativa*, 22-32.

Sanjurjo, L., Hernández, A., Alfonso, I., Foresi, M., & España, A. (2014). *Los dispositivos para la formación en las prácticas profesionales*. Rosario: Homo Sapiens.

Tirado-Morueta, R., & Aguaded Gómez, J. I. (2014). *Influencias de las creencias del profesorado sobre el uso de la tecnología en el aula*. Ministerio de Educación.

Ullman, J. D. (1996). Structural equation modeling. En B. G. Tabachnick, & B. G. Fidell, *Using multivariable statistics* (págs. 709-780). New York: HarperCollins.

Valdivieso Taborga, C. E. (2013). Comparación de los modelos formativo, reflexivo y de antecedentes de evaluación estudiantil del servicio de docencia. *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa*, 95-120.

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

Recebido/Submission: 17/12/2019
Aceitação/Acceptance: 19/02/2020

Consideraciones para un Modelo de Simulación de Procesos Aplicado en Construcción Naval: Caso Armada de Colombia

Javier Díaz Reina[1], Carlos Hernán Fajardo-Toro[2], Oscar Mayorga Torres[3], José María Riola[4], Miguel Andrés Garnica López[5]

diazre21466@universidadean.edu.co, cfajardo.toro.academico@gmail.com, oscarmtorres@ufps.edu.co, jinvestigacionnaval@escuelanaval.edu.co, mgarnica@cotecmar.com

[1,] Armada República de Colombia – ARC, Bogotá, D. C., Colombia.

[2] Corporación Universitaria Unitec . Bogotá D.C. Colombia.

[3] Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia.

[4] Escuela Naval de Cadetes "Almirante Padilla" – ENAP. Cartagena de Indias, Colombia.

[5] Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval Marítima y Fluvial – COTECMAR. Cartagena de Indias, Colombia.

Pages: 553–569

Resumen: La simulación de procesos es una herramienta que posibilita la toma de decisiones en una línea productiva, logística o de servicios, a partir de un modelo conceptual que desarrollado en un *software* presenta escenarios donde se mejoran las condiciones, restricciones o variables para intervenir en el proceso real. El presente artículo aborda las consideraciones de lógica, características, alcance, restricciones y variables de un modelo de simulación específico para la construcción naval de buques tipo OPV[1] en la Armada de Colombia, con el objetivo de hacer mejoras, combinaciones, eliminaciones o ampliaciones de las capacidades disponibles del proceso actual, que permita estimar construcción naval futura y, en especial, buques de guerra (*combatant ships*[2]) de mayor tamaño.

Palabras clave: Modelo de simulación, procesos, buques de guerra, capacidad disponible

Considerations for a Process Simulation Model Applied in Shipbuilding: Colombian Navy Case

[1] El *Offshore Patrol Vessel* es un barco altamente versátil, diseñado para desempeñar funciones de gestión de la Zona Económica Exclusiva, incluida la provisión de seguridad marítima a las zonas costeras y el alivio efectivo de desastres. BAE SYSTEM (2019).

[2] Un buque de guerra o de combate es un buque construido y destinado principalmente a la guerra naval. Por lo general, pertenecen a las fuerzas armadas de un Estado. Ley del Mar ONU-OMI (1982).

Abstract: Simulation of processes is a tool that enables decision-making in production, logistics, or service line, based on a conceptual model that developed in software presents scenarios where conditions, restrictions or variables are improved to intervene in the real process. This article addresses the considerations of logic, characteristics, scope, constraints, and variables of a specific simulation model for the naval construction of OPV-type ships in the Colombian Navy, with the aim of making improvements, combinations, eliminations or extensions of the available capabilities of the current process, which allows estimating future shipbuilding and, especially, larger warships (combatant ships).

Keywords: Simulation model, processes, warships, available capability

1. Introducción

La necesidad de construir buques flexibles y adaptables a muchas operaciones es un mantra dentro de los países de la Organización del Tratado del Atlántico Norte – OTAN. Lo entienden como un gran salto en sus capacidades de interoperabilidad, pero, además, la construcción modular de los buques ha provocado que varias armadas lo consideren una necesidad por sus ahorros en coste y tiempo. La construcción modular lleva representando el estado del arte de la arquitectura naval desde los años 90 (Lee, Shin, & Ryu, 2009), y ha tenido un fuerte impulso a partir de los grandes desarrollos de la automática y la robótica en los astilleros. Se caracteriza por la filosofía de construcción modular tanto en el propio proyecto como en la producción, alcanzando un alto nivel de estandarización en sus productos intermedios aplicables a distintos buques (Ju, Sung, Shen, Jeong, & Gye, 2020; Song & Woo, 2013). Con base en ello, los astilleros de buques de guerra están llevando a cabo unas estaciones de trabajo y unas líneas de producto especializadas en tipos de bloques con un alto grado de robotización. Tal es su importancia que la OTAN estableció un grupo de trabajo en Modularidad de Misión (ST/MM) para producir estándares en diseño, operación, logística y mantenimiento de los buques.

Por otra parte, la fabricación de buques de guerra para operaciones de seguridad y defensa ha tenido una réplica en países latinoamericanos como Colombia, donde a través de procesos de capacitación, adaptación, desarrollo y manufactura, se ha logrado fabricar buques tipo OPV para el servicio de las operaciones militares en el territorio nacional. La empresa responsable del desarrollo de esta línea de conocimiento e investigación es la Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval Marítima y Fluvial – COTECMAR, la cual se ha consolidado como una organización innovadora que trabaja dentro del campo de la investigación científica y tecnológica, apoyando el desarrollo de la industria marítima colombiana. Por lo anterior, este artículo está centrado en las variables que afectan un modelo productivo específico, basado en una estrategia constructiva propia del astillero de COTECMAR.

En el astillero de COTECMAR se ha llevado a cabo la construcción de 125 nuevos cascos desde el año 2001, lo que coincide con el inicio de operación del astillero. Desde ese entonces, el buque de mayor complejidad hasta ahora construido es un buque de patrullaje oceánico (OPV 80), el cual va en su tercera versión y constituye la antesala de la fabricación de buques de guerra tipo corbeta o fragata, que deberán reemplazar

las actuales unidades tipo Fragata FS-1500, proyecto que se convierte en el reto de construcción naval más importante de la historia para Colombia y que incorpora grandes progresos en la metodología empleada en sus fases de conceptualización y definición (OTAN, 2010).

El objetivo principal de este artículo es mostrar el proceso y consideraciones que se están tomando para la construcción de los modelos de simulación, los cuales servirán como soporte para la toma de decisiones en el diseño del proceso de construcción de la Plataforma Estratégica de Superficie – PES.

Para ello, se hará un resumen de las técnicas y sistemas de modelación utilizados en entornos navales de construcción de buques para, posteriormente, hacer una exposición de la estrategia de producción con la que se trabajará y, finalmente, la forma en que se obtendrán los datos y cómo se entenderán las partes del proceso, así como los métodos para la selección del *software*.

2. Simulación en sistemas navales

La modelización y simulación son actividades indispensables cuando se tiene que realizar el análisis y diseño de sistemas multidisciplinares de cierta complejidad, como es el caso de un buque de guerra que lleva cientos o miles de equipos a bordo. El objetivo de la simulación, en este caso, no es otro que darle al diseñador una ayuda necesaria durante el proceso de diseño y análisis de la ingeniería del buque (Caprace, Da Silva, Rigo, & Martin, 2011).

En el sector marítimo, existen múltiples aplicaciones de simulación, especialmente las relacionadas con fluidos conocidas como dinámica de fluidos computacional, o CFD por sus siglas en inglés, (Gwynne, Filippidis, Galea, Cooney, & Boxall, 2007; Shams et al., 2019), en las que se pueden destacar las simulaciones enfocadas en programas de cálculo de estructuras y arquitectura naval, maniobra y comportamiento del buque en puerto (Ypma & Turner, 2019), resistencia al avance, comportamiento en la mar, maniobrabilidad, sistemas de propulsión, salas de control de cuartos de máquinas, de puente, navegación, maniobras *off-shore* para el suministro a plataformas petrolíferas, operaciones con posicionamiento dinámico (Djačkov et al., 2018; Garrett & Mair, 1995), operaciones de lanzamiento y recogida de vehículos con o sin tripular, operaciones de manipulación de anclas, instalación de parques eólicos, grúas, carga de líquidos, manipulación de agua de lastre, servicios de tráfico marítimo, cartas electrónicas, comunicaciones, evacuación del personal, y así una gran cantidad de posibles simulaciones.

Pero de todas estas simulaciones, son las hidrodinámicas las propias de la ingeniería naval, denominando hidrodinámica numérica al conjunto de las herramientas que permiten resolver problemas relacionados con la hidrodinámica del buque (Djačkov et al., 2018; Mansoori & Fernandes, 2016; Trubat, Molins, & Gironella, 2019; S. Wang et al., 2018), es decir, poder simular con la ayuda de un computador los distintos ensayos que podrían realizarse en un tanque de experiencias hidrodinámicas. Al conjunto de estas técnicas se les suele conocer como CFD (Riola, Diaz-Cuadra & Beltran, 2019).

Ahora bien, por otra parte, está la simulación de los procesos de producción y ensamble de los buques. Estas simulaciones se han entendido de naturaleza discreta, haciendo inicialmente una representación del astillero para mostrar el flujo de actividades en las diferentes etapas (Williams, Finke, & Traband, 2001) (Krause, Roland, Steinhauer, & Heinemann, 2004), así como también haciendo una simulación, bajo sistemas discretos, de cada uno de los bloques logísticos que comprenden la construcción del barco (C. Wang, Mao, Xiang, & Zhou, 2015). Para ello se ha recurrido a una representación de los procesos con herramientas como IDEF0 y UML (Kim, Lee, Park, & Lee, 2005). Otros trabajos han agregado, además de la simulación del astillero, la simulación de la instalación del equipamiento (König, Beißert, Steinhauer, & Bargstädt, 2007). Se han propuesto metodologías como las de Hadjina, (2009), el cual propone siete (07) fases que van desde la concepción del modelo según el diseño hasta la validación con base en diferentes escenarios.

En el siguiente apartado se hará la exposición de los aspectos generales de un marco de trabajo para el desarrollo un modelo de simulación para la estimación y planificación de construcción de la futura PES que quiere la Armada de Colombia, tomando para ello los conceptos antes mencionados, dichos procesos como sistemas discretos y por bloques, pero, además, ajustado a las características y restricciones del sistema colombiano.

3. Simulación de procesos de construcción naval

Este apartado se centrará en los aspectos que han sido tenidos en cuenta para abordar un modelo específico, basándose en una estrategia de construcción naval establecida para el caso colombiano de construcción de buques tipo OPV[3]. El modelo será la base para la generación de información que permita estimar cualquier construcción naval y, en especial, buques de guerra –*combatant ships*[4]– de mayor tamaño. Para este caso, se observa la información obtenida de la construcción naval en Colombia, específicamente la recolectada en la construcción naval que se desarrolla en COTECMAR. Se puede encontrar una generalización del tema para buques tipo fragata en Riola et al (2019).

Una gran incertidumbre nace de la capacidad instalada de COTECMAR para abordar este proyecto, factibilidad que debe ser validada desde diferentes aspectos y con la participación de una variedad de actores. Debido a dicha incertidumbre, una modelación y simulación del proceso constructivo se convierte en una herramienta de gran utilidad para la toma de decisiones con miras a determinar la factibilidad de utilizar las capacidades tecnológicas actuales o, en su defecto, determinar la necesidad de modificarlas. Como publicación complementaria, se puede mencionar "The Naval Ship Code" publicado por la OTAN como "Allied Naval Engineering Publication (ANEP) 77", que permite que se aplique una norma de seguridad internacionalmente aceptada –comparada con las convenciones y resoluciones de la OMI– a los buques de guerra de superficie, y en general todos los documentos producidos por el "Specialist Team on Mission Modularity (ST/MM)" establecido por la OTAN para crear estándares y normativas en diseño de módulos, operatividad, logística y mantenimiento de los buques (American Bureau of Shipping, 2019).

3.1. Producción por Proyecto

Para considerar la modelación de la construcción de un barco o buque, se debe tener presente que esta actividad industrial claramente cumple todas las características de un proceso de producción por proyecto. A este modelo de producción, en el cual los recursos y procesos se adaptan al producto, también se le denomina producción bajo pedido y concentra la totalidad de los esfuerzos en fabricar un solo producto a la vez y con características únicas. Para esta estrategia de producción, los resultados serán siempre diferentes en cada proyecto, y está asociada siempre a una actividad intensiva en el uso de la mano de obra; por eso el concepto de buques hermanos, los proyectos son similares, pero nunca son iguales por no ser una producción estándar. La construcción naval en cualquier nivel tecnológico del astillero, siempre cuenta con metodología de producción mezclada entre actividades manuales (horas/hombre) y mecánicas, que siguen una estrategia constructiva propia de cada astillero (EAE Business School, 2018).

Como fuente inicial de información, se tomarán los registros del desarrollo del buque OPV 80 III ARC "Victoria" (figura 1), cuya construcción finalizó en 2017, y que se constituirá en el proceso de construcción base del modelo. Este buque es una plataforma al servicio de la Armada de Colombia que tiene como misión específica desarrollar operaciones de interdicción, patrullaje, control de tráfico marítimo y búsqueda y rescate, así como operaciones de paz, ayuda humanitaria y control del medio ambiente. Es el tercer buque de su clase construido en Colombia (COTECMAR, 2015). La tabla 1 muestra las características técnicas y variables del buque OPV 80 III ARC "Victoria".



Figura 1 – OPV 80 III. Fuente: (COTECMAR, 2017)

Aspecto	Medida
Eslora total:	80,60 m
Manga moldeada:	13,60 m
Calado medio a plena carga:	4,5 m

Aspecto	Medida
Desplazamiento plena carga:	1828 t
Velocidad máx.:	21 nudos
Autonomía:	40 días; 4500 NM @ 12 nudos; 1500 NM @ 21 nudos
Tripulación:	64 tripulantes
Planta eléctrica:	03 x 450 kVA + 01 de emergencia 125 KVA
Material del casco:	Acero ASTM A131 *grade* AH32
Sistema de propulsión:	02 x motor diésel marino Wärtsilä serie 12V26 @ 1000 rpm

Tabla 1 – Características OPV 80 III

3.2. Capacidad disponible

Cuando se aborda el trabajo de diseñar un modelo de simulación basado en un sistema existente, se cuenta con la ventaja de conocer con claridad sus capacidades tecnológicas y de producción, y una disminución de la incertidumbre asociada al comportamiento de las variables, así como la obtención de indicadores de rendimiento y desempeño reales, tanto de los equipos como de la mano de obra. Igualmente, se cuenta con la posibilidad de identificar el comportamiento de las distribuciones de probabilidad de las variables asociadas. Así las cosas, se puede hacer referencia a la disponibilidad de indicadores de rendimiento en COTECMAR que se convertirán en datos y en la formulación matemática de entrada para modelar el sistema de producción. En consecuencia, para este trabajo se dispone de la siguiente información:

- Capacidades proceso de construcción en aceros:
  - Equipo de corte (pantógrafo) CNC.
  - Dobladora de perfiles.
- Equipos aplicación de soldaduras:
  - Equipo multiproceso: Equipo para soldadura con electrodo revestido (SMAW). Soldadura TIG (GTAW) CD, especializado para soldadura con electrodo tubular y núcleo de fundente (FCAW) y soldadura MIG (GMAW) con electrodo micro alambre y MIG pulsado (MIG-P).
  - Equipo arco sumergido: Tractor de arco sumergido A2T.
  - Equipo soldadura electrodo manual SMAW y GTAW: Equipo para proceso SMAW y GTAW.
  - Carro soldador magnético con oscilador: Carro con oscilador magnético para posición horizontal y vertical.
  - Equipo tractor con riel para soldar (todas las posiciones): Tractor con oscilador para soldar y cortar en todas las posiciones; para operar en procesos FCAW y GMAW.

3.3. Áreas de construcción

La distribución geométrica de las áreas de construcción y el flujo de la producción son base fundamental para la modelación del sistema, lo que guiará físicamente la creación del modelo digital en su conceptualización y definición. En la Planta de COTECMAR ubicada en Mamonal, Cartagena de Indias, existen tres (03) áreas de trabajo donde se ejecutan los siguientes subprocesos:

- Área 1:
    a. Línea de láminas: Corte, marcado de lámina, preparación de los paquetes de construcción.
    b. Línea de perfiles: Corte y doblado.
    c. Línea de tubería: Corte, doblado, conformado, soldadura y pruebas hidrostáticas.
    d. Conformación de previas o subensambles: Armado, soldadura e inspección.
- Áreas 2 y 3:

    Las áreas 2 y 3 serán las áreas de ensamble y levantamiento del casco; los siguientes subprocesos serán ejecutados en esta área:

    a. Construcción de paneles.
    b. Construcción de bloques.
    c. Levantamiento del casco.
    d. Trabajos de equipamiento (*outfitting*) a nivel de bloque, anillo y zona.

3.4. Estrategia de construcción

La estrategia de construcción requiere de tres (03) paquetes de información que son suministrados en la fase de ingeniería de producción. Estos no forman parte del proceso específico de construcción que se pretende modelar, pero para este análisis es considerado como un insumo disponible para definir el proceso a ser simulado. Es de resaltar que esta información es entregada en el programa de diseño de ingeniería naval AVEVA Marine. Con el fin de apoyar la contextualización de las entradas a un modelo de simulación, se desarrollará un corto análisis del alcance de estos paquetes de información.

a. Casco: El casco se construye por bloques. Para ello se entrega información para construcción de cunas, previas y ensambles. Adicionalmente, se generan los planos para unión de bloques de acuerdo con la estrategia de unión establecida para la erección del casco.
b. *Outfitting* en caliente: Este paquete implica la información detallada de dónde se debe intervenir la estructura (marcar, perforar, soldar). Incluye los datos necesarios para construcción de tubería de diámetro mayor a 25 mm, estándares de penetración (paso por compartimentos), conexiones a tanques, escalas, escaleras, estándares para soportes (de tubos, conductos de ventilación, bandejas eléctricas, cielo raso), barandas, bandejas, soporte piso flotante y paneles húmedos, luminarias, pasamanos, estanterías, planos marcas de casco, tapones, bandejas recolectoras, equipos de seguridad. Con relación a la

fabricación de tubería, la información se entrega por bloque, y la de instalación será entregada por bloque, anillo y/o zona de acuerdo con el plan de ensamble de bloques. El resto de *outfitting* en caliente se preparará por anillo o zona, de acuerdo con la utilidad que tenga para producción, ya que su configuración en maqueta no está restringida por bloque, como ocurre normalmente en tubería y casco.

c. Para información general, se entregan planos que contienen dirección de espesores, conexiones estructurales, penetraciones, definición de excesos de bloques y elementos estructurales específicos de mamparos, cubiertas y costados.
d. *Outfitting* en frío: Equipamiento que no requiere intervención de la estructura. En esta etapa se considera que el buque ya está pintado. Incluye planos de instalación de tuberías de materiales especiales (Ej.: viega press y lorox) y conductos de ventilación en zonas habitables; bandejas portacables, disposición de equipos eléctricos, instalación de pisos. También hace parte de este grupo la información para conformación de sistemas en tubería menor a 25 mm, de la cual se suministran los trazados propuestos de reserva de espacio con accesorios incluidos. Aquí también se contempla la lista de cables, conformación de paneles y cielo raso, e instalación de mobiliario.

En cuanto a secuencia de la construcción del casco y la superestructura, se puede tomar como referencia la distribución de las zonas de construcción mencionadas en el punto anterior, y es posible deducir las fases de la línea de construcción para el casco y la superestructura. En relación con el corte y arme de piezas en acero, se encuentran: Corte de perfiles y láminas, fabricación de previas, ensamble de bloques y levantamiento del casco (COTECMAR, 2015). Para a la fabricación de tubería se tienen los procesos de corte, conformado, soldadura, pruebas hidrostáticas y la instalación a bordo del buque.

Como ya se mencionó, el buque se construye por bloques bajo una secuencia predeterminada. Estos bloques se unen para constituir anillos, los anillos se unen para crear las zonas, y las zonas conforman el buque.

La estrategia de construcción del buque OPV 80 comprende la división de toda su estructura en cuarenta (40) bloques con un peso no superior a cincuenta (50) toneladas, siete (07) anillos, y siete (07) zonas, distribución que puede observarse en la figura 3 con la siguiente nomenclatura:

- Dígito 1: Número de zona.
- Dígito 2: Número de anillo.
- Dígito 3: Número indicador de nivel de forma secuencial.
- Dígito 4: Número de orden en nivel horizontal, babor, estribor, proa o popa.

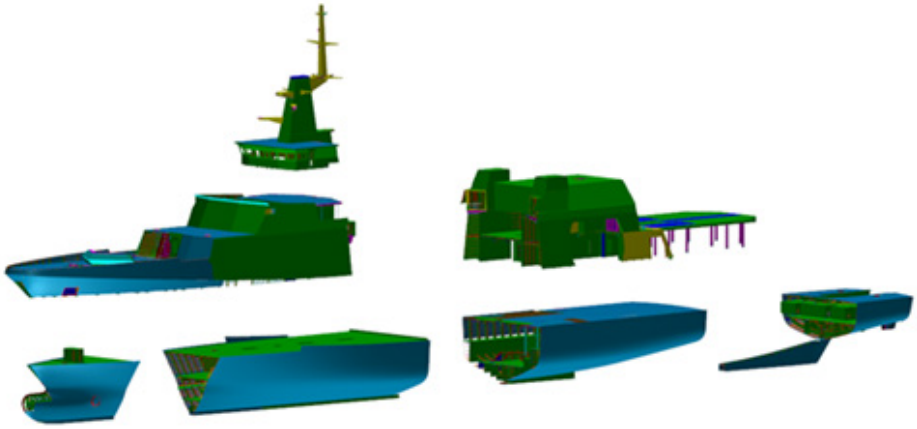


Figura 2 – Estrategia de Ensamble OPV III. Fuente: (COTECMAR, 2015)

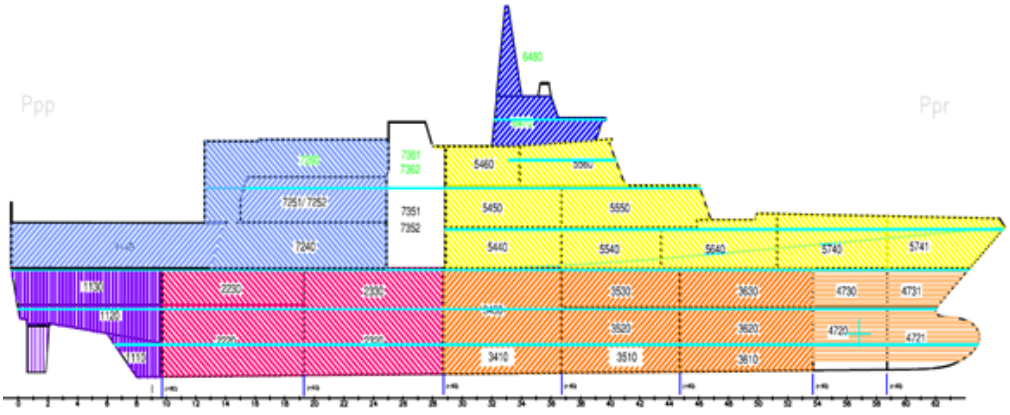


Figura 3 – Distribución de bloques, anillos y zonas OPV 80. Fuente: (COTECMAR, 2015)

Igualmente, esta estrategia constructiva detalla la secuencia de ingreso de equipos que comprenden los sistemas de mayor tamaño y peso que deben ser ingresados al buque antes de cerrar algunas áreas. Cabe mencionar que en algunos casos se prevé dejar paneles sueltos (sin soldadura final) con el fin de facilitar el ingreso de algunos equipos que, por sus tiempos de entrega, no puedan ser ingresados en la etapa previa al ensamble de bloques.

Definida la estrategia constructiva de un buque tipo OPV 80, se procede a desarrollar el cronograma de trabajo en cumplimiento de lo consignado en la estrategia de construcción.

3.5. Taxonomía de un buque de guerra

La Armada de Colombia ha adoptado el ESWBS (Expanded Ship Work Breakdown Structure) para la codificación jerárquica (HSC) de la estructura, sistemas, equipos y componentes de los buques. El ESWBS, utilizado por la marina de los Estados Unidos (US NAVY, 2016), proporciona un método para integrar diseño, configuración y codificación estándar de logística de la estructura de desglose para portaaviones, submarinos, buques de guerra y sistemas asociados; asimismo, proporciona una lista de todos los sistemas, subsistemas y componentes de buques (ver tabla 2).

ESWBS group number	***Functional group nomenclature***
100	*Hull structure group*
200	*Propulsion plant group*
300	*Electrical plan group*
400	*Command and surveillance group*
500	*Auxiliary group*
600	*Outfit and furnishing, generals*
700	*Armament group*
800	*Integration/Engineering*

Fuente: (DEPARTMENT OF DEFENSE USA, 2014)

Tabla 2 – *ESWBS Functional Groups*.

El ESWBS contiene niveles sucesivos de desclasificación que dividen cada grupo funcional principal en subgrupos principales (ESWBS Nivel II), sistemas (Nivel III) y límites del subsistema y componentes de equipos (Nivel IV y más bajo).

En la tabla 3 se muestra un ejemplo de desglose jerárquico del grupo 400 que comprende algunos sistemas y componentes del grupo funcional de comando y vigilancia de un buque de guerra.

ESWBS indenture level	***ESWBS number***	***ESWBS nomenclature***
Level I	400	*Command and surveillance, general*
Level II	440	*Exterior communications*
Level III	441	*Radio systems*
Level IV	4413	*T1322()/SRC communications transmiter*
Level V	44131	*AM-6675/URT Amplifier*

Fuente: (DEPARTMENT OF DEFENSE USA, 2014)

Tabla 3 – Ejemplo de Desglose Jerárquico

Con esta taxonomía que codifica cada uno de los sistemas y componentes de un buque de guerra y se adelantan actividades de vital importancia para el proyecto de construcción como el desarrollo del sistema logístico de adquisiciones y el diseño del plan de mantenimiento, y se registran especificaciones en el contrato de compra del buque, entre otras actividades. Pero lo más importante para el objetivo del presente trabajo es la construcción de un cronograma de trabajo que especifique los tiempos de fabricación, armado, ensamble, montaje y conexionado de cada uno de estos grupos constructivos, lo que permitirá obtener información codificada para ingresar al modelo (digital) de construcción naval a proponer.

4. Modelación discreta

En este documento se ha hecho referencia a que la estrategia de producción de un barco es una estrategia por proyecto debido, especialmente, a que son bienes producidos bajo pedido. Otra característica es que normalmente cada producto es único y, dado el tipo de trabajo, todos los esfuerzos se concentran en un proyecto a la vez, el cual siempre está asociado a una actividad intensiva en el uso de la mano de obra (EAE Business School, 2018). En este orden de ideas, se establece un evento discreto, pues se cumple directamente con el concepto en el cual los eventos (de producción) cambian el estado del sistema en instantes espaciados en el tiempo.

Para un mejor entendimiento, se puede decir que los modelos continuos se caracterizan por representar la evolución de las variables en forma continua, por lo que normalmente utilizan ecuaciones diferenciales para considerar los cambios de una característica o propiedad con respecto al tiempo, o derivadas parciales para representar cambios con respecto al espacio. De modo análogo, los modelos discretos representan variables en el tiempo en forma discreta, o sea, valores definidos en espacios de tiempo, por lo tanto, un evento se define como una acción instantánea que puede cambiar el estado del modelo (Guasch et al, 2003). Los elementos más significativos de los modelos discretos son:

Actividades: Tareas o acciones que ocurren en el sistema y se encapsulan entre dos eventos. En general, tienen duración y requieren recursos para su ejecución. Ej. Corte de lámina, arme de bloque, levantamiento del casco, montaje de *outfitting*.

Entidades: grupo de objetos que circulan o transitan a través del sistema. Pueden existir en un tiempo limitado o ser permanentes. Los temporales se procesan en el sistema como piezas, clientes y/o documentos y tienen atributos como precio, peso, prioridad o tamaño. En resumen, llegan se procesan y salen del sistema. Ej. Láminas de acero, bloques, perfiles, equipos propios del buque, etc.

Recursos o entidades permanentes: Son medios con los que se pueden desarrollar actividades. Pueden tener características como capacidad, velocidad y averías; pueden ser máquinas, equipos de transporte, personas, etc. Ej. Máquinas de corte, máquinas de soldar, grúas, pantógrafos, equipos humanos de fabricación o montaje.

5. *Software* de simulación

Para la selección un *software* apropiado para simulación de eventos discretos (DES) de un proceso de producción de construcción naval se puede proponer un método de Análisis de Decisión de Criterios Múltiples (MCDA) como lo plantean Jean David Caprace et al, de la Federal University of Rio de Janeiro (2011) en su publicación titulada "Discrete Event Production Simulation in Shipyard Workshops". Existen en el mercado diferentes programas de simulación que pueden ser utilizados en la industria de la construcción naval. Algunos programas son mejores que otros dependiendo del contexto y madurez del diseño. El mejor escenario siempre será cuando existe suficiente información y datos del proyecto, en este caso todos los métodos y/o programas podrían ser usados. En cuanto al diseño de un modelo, podrían utilizarse diferentes métodos de estimación que al final proporcionan diferentes proyecciones del resultado de la simulación (Caprace et al, 2011). Sin embargo, para lograr el objetivo de modelación que se busca, se aspira a un proyecto existente, ya realizado, con tiempos, rendimientos, capacidad disponible, diseño, disposición del astillero (*layout*), con equipo de mano de obra validado y con resultados finales del proyecto medibles. En este sentido, se busca modelar un evento discreto y validar su efectividad con un ejemplo real.

Family	***Criterion***
Cost	*Application fee*
Usability	*Easy to learn*
	Modern visualization
	Graphical user interface
	Technical support
	Popularity
Performance	*Custom extensions*
	Technical capacity
	Modularity
	CAD connections
	Compatibility with other software
	Reuse of models and objects
	Pre- and post-processing of data
	Statistical analysis

Fuente: (Caprace et al, 2011)

Tabla 4 – Criterios de Evaluación para Selección de *Software*

Caprace et al (2011) proponen el desarrollo de un análisis de criterios múltiples (MCA), también llamado Toma de Decisiones de Criterios Múltiples (MCDM), método desarrollado para apoyar los problemas de toma de decisiones, formalizando las compensaciones entre las alternativas, y fomentar la transparencia de la decisión. Esta metodología demanda una adecuada selección de los criterios para conducir una decisión

racional, basándose en un análisis comparativo de alternativas tecnológicas, cuantificando la relevancia de los diferentes parámetros. Para la selección de un *software* apropiado (ver tabla 4) para simulación discreta (DES) de un proceso productivo de construcción naval, el documento plantea la siguiente estructura jerárquica de evaluación.

La tabla 5 es una adaptación de lo expuesto por Caprice et al (2011), la cual contiene catorce (14) criterios cualitativos reunidos en tres (03) familias. Se ha agregado una función de preferencia para cada criterio basado en la siguiente ponderación:

Muy bueno = 0.9, bueno = 0.7, promedio = 0.5, malo = 0.3, muy pobre = 0.1.

Esta propuesta considera la posibilidad de desarrollar una mejora en la selección de los criterios del modelo de producción, teniendo en cuenta que contempla tres (03) criterios adicionales, como se observa en la tabla 5: **i)** Oferta académica para aprendizaje, **ii)** Representación en el país (o ciudad) y **iii)** Capacidad de renderización del modelo de producción.

Familia	**Criterio**
Costo	Costo de aplicación
Usabilidad	Facilidad de aprendizaje
	Modelo de visualización
	Interfaz gráfica de usuario
	Soporte técnico
	Popularidad (juicio de expertos)
	Representación en el país (o ciudad)
	Oferta académica para aprendizaje
Rendimiento/desempeño	Extensiones personalizadas
	Capacidad técnica
	Modularidad
	Interacción con CAD
	Compatibilidad con otros programas
	Reutilización de modelos y objetos
	Pre y posprocesamiento de datos
	Análisis estadístico
	Capacidad de renderización

Tabla 5 – Criterios Propios de Evaluación para Selección de *Software*

En el mercado actual de *software* para modelación se puede encontrar entre otros:

- Arena (http://www.arenasimulation.com/).
- Flexim (http://www.flexsim.com/).
- Plant Simulation (http://www.plm.automation.siemens.com/).
- ProModel (http://www.promodel.com).
- Dassault Systems (http://www.3ds.com).

6. Bases de datos

Teniendo presente que el modelo a diseñar tiene la premisa de constituirse en un proceso de producción ya existente, es posible obtener los datos originados por información primaria y secundaria directamente de los resultados de la construcción naval ya realizada.

Con estas bases de datos, se debe tener la posibilidad de:

- Desarrollar las modelaciones matemáticas.
- Identificar distribuciones de probabilidad, especialmente para tiempos (*t*) entre eventos y del rendimiento de los procesos de producción.
- Identificar la dependencia entre eventos de producción.
- Cuantificar horas/hombre para cada actividad de producción.
- Conocer la secuencia de armado de bloques e instalación de *outfitting*.
- Identificar las variables externas e internas que afectan la construcción.

Para el caso de modelación del proceso de producción de un buque OPV 80 construido en COTECMAR, se cuenta con:

Bases de datos de producción reales:

- Corte de lámina.
- Corte de perfiles.
- Arme de previas y paneles.
- Ensamble de bloques.
- Secuencia de ensamble del casco.
- Fabricación y montaje de *outfitting* en caliente.
- Montaje de *outfitting* en frío.
- Fabricación e instalación de sistemas auxiliares.
- Listado de equipos.
- Estrategia constructiva.
- Indicadores de producción.

7. Conclusiones

Con base en lo expuesto en el presente documento, se pueden obtener conclusiones relacionadas con las condiciones que enmarcan el objetivo de realizar una modelación y simulación del proceso de construcción naval, tomando como referencia el caso colombiano de construcción de buques tipo OPV 80, para lograr la proyección de buques no construidos aún en Colombia, teniendo como consideraciones principales el uso de la capacidad disponible y la no afectación de los procesos logísticos sobre el proceso productivo.

El proceso de construcción naval está enmarcado en el tipo de producción por proceso o por pedido, por sus características, capacidades de proceso, tiempos de pedido y lógica de construcción.

La modelación de un proceso productivo existente, como es el caso de la OPV 80, permite conocer información para una validación del proceso, identificando secuencias, tiempos

y variables del mismo. De esta manera, se simularán otros procesos de construcción naval en COTECMAR.

Los astilleros dedicados a la construcción naval basados en las mejores prácticas de ingeniería, desarrollan la estrategia constructiva de cada embarcación y la optimizan con base en el aprendizaje y en los cambios logísticos y tecnológicos del entorno.

El ESWBS es una herramienta fundamental para la caracterización y taxonomía de un buque de guerra. Codifica en forma jerárquica grupos de construcción, sistemas, subsistemas, equipos y componentes, permitiendo una organizada planeación para la producción, para los procesos logísticos de adquisiciones y otras actividades como el mantenimiento.

Existe en el mercado una amplia oferta de programas (*software*) para implementar el modelado de una construcción naval. Para una selección adecuada, se sugiere la aplicación de un proceso de evaluación conocido como MCDM, el cual permite definir criterios de evaluación y valorar cuantitativamente el beneficio.

Referencias

Caprace, J. D., Da Silva, C. T., Rigo, P., & Martin, C. (2011). Discrete Event Production Simulation and Optimisation of Ship Block Erection Process. 10th International Conference on Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries, 271–282.

COTECMAR. (1 de mayo de 2015). Estrategia Constructiva OPV III. Cartagena, Bolivar, Colombia: Dirección de Construcciones.

DEPARTMENT OF DEFENSE USA. (2014). RELIABILITY CENTERED MANTENANCE (RCM) PROCESS MIL-STD 3034 A. Washington: Naval Sea Systems Command.

Djačkov, V., Žapnickas, T., Čerka, J., Mickevičienė, R., Ašmontas, Ž., Norkevičius, L., … Blanco-Davis, E. (2018). Numerical simulation of a research vessel's aftpart hull form. Ocean Engineering, 169(December 2017), 418–427. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2018.09.030

EAE Business School. (10 de Octubre de 2018). Retos en Supply Chain. Obtenido de EAE: https://retos-operaciones-logistica.eae.es/tipos-de-sistemas-de-produccion-industrial-y-sus-caracteristicas/

Garrett, R. K., & Mair, H. U. (1995). Navy Initiative to Enhance Structural Failure Simulation. Computational Mechanics '95, 1697–1702. https://doi.org/10.1007/978-3-642-79654-8_276

Guasch et al, A. (2003). Modelacion y Simulación, Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios. Cataluña: Edicion UPC.

Gwynne, S., Filippidis, L., Galea, E. R., Cooney, D., & Boxall, P. (2007). Data Collection in Support of the Modelling of Naval Vessels. Pedestrian and Evacuation Dynamics 2005, 443–454. https://doi.org/10.1007/978-3-540-47064-9_42

Hadjina, M. (2009). Simulation Modelling Based Methodology for Shipbuilding Production Process Design *. Strojarstvo, 51(6), 547–553.

Ju, S., Sung, S., Shen, H., Jeong, Y., & Gye, J. (2020). System development for establishing shipyard mid-term production plans using backward process-centric simulation. International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, 12, 20–37. https://doi.org/10.1016/j.ijnaoe.2019.05.005

Kim, H., Lee, S. S., Park, J. H., & Lee, J. G. (2005). A model for a simulation-based shipbuilding system in a shipyard manufacturing process. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 18(6), 427–441. https://doi.org/10.1080/09511920500064789

König, M., Beißert, U., Steinhauer, D., & Bargstädt, H.-J. (2007). Constraint-based Simulation of Outfitting Processes in Shipbuilding and Civil Engineering. Proceedings of the 6th EUROSIM Congress on Modeling and Simulation. Retrieved from http://202.154.59.182/ejournal/files/Constraint-based simulation of outfitting processes in shipbuilding and civil engineering.pdf%5Cnhttp://www.simofit.de/Paper_EUROSIM_2007_koenig_beissert_steinhauer_bargstaedt.pdf

Krause, M., Roland, F., Steinhauer, D., & Heinemann, M. (2004). Discrete event simulation: An efficient tool to assist shipyard investment and production planning. Journal of Ship Production, 20(3), 176–182.

Lee, K., Shin, J. G., & Ryu, C. (2009). Development of simulation-based production execution system in a shipyard: A case study for a panel block assembly shop. Production Planning and Control, 20(8), 750–768. https://doi.org/10.1080/09537280903164128

Mansoori, M., & Fernandes, A. C. (2016). The interceptor hydrodynamic analysis for controlling the porpoising instability in high speed crafts. Applied Ocean Research, 57, 40–51. https://doi.org/10.1016/j.apor.2016.02.006

OTAN. (2010). AAP-20. Bruselas: Nato Standarization Agency.

Riola, J. M. et al (2019). Optimización del ciclo de vida en el buque de guerra: plan de mantenimiento y monitorización para la reducción de costes. VI International Ship Design & Naval Engineering Congress, Colombiamar, Cartagena de Indias.

Shams, A., Dovizio, D., Zwijsen, K., Le Guennic, C., Saas, L., Le Tellier, R., … Fichot, F. (2019). Computational fluid dynamics for in-vessel retention: Challenges and achievements. 18th International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics, NURETH 2019, 135, 5530.

Song, Y. J., & Woo, J. H. (2013). New shipyard layout design for the preliminary phase & case study for the green field project. Inter J Nav Archit Oc Engng, 5(1), 132–146. https://doi.org/10.2478/IJNAOE-2013-0122

Trubat, P., Molins, C., & Gironella, X. (2019). Wave hydrodynamic forces over mooring lines on Floating Offshore Wind Turbines. Ocean Engineering, (Accepted 11-Nov-2019), 106730. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.106730

US NAVY. (2016). NAVSEA ESWBS MANUAL 4790 1. US NAVY.

Wang, C., Mao, Y., Xiang, Z., & Zhou, Y. (2015). Ship Block Logistics Simulation Based on Discrete Event Simulation. International Journal of Online Engineering (IJOE), 11(6), 16. https://doi.org/10.3991/ijoe.v11i6.4968

Wang, S., Peng, X., Yang, S., Li, H., Zhang, J., Chen, L., & Chen, W. (2018). Numerical and experimental studies on decomposition and vent of di-tertbutyl peroxide in pressure vessel. Process Safety and Environmental Protection, 120, 97–106. https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.09.001

Williams, D. L., Finke, D. E., & Traband, M. T. (2001). DISCRETE SIMULATION DEVELOPMENT FOR A PROPOSED SHIPYARD STEEL PROCESSING FACILITY. Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference, 882–887. https://doi.org/10.1109/WSC.2001.977367

Ypma, E. L., & Turner, T. (2019). An approach to the validation of ship flooding simulation models. In Fluid Mechanics and its Applications (Vol. 119). https://doi.org/10.1007/978-3-030-00516-0_38

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

Recebido/Submission: 26/11/2019
Aceitação/Acceptance: 16/01/2020

Producción científica y posicionamiento de universidades según ranking SIR IBER 2013 al 2019, caso latinoamericano

Carmen Luisa Vásquez Stanescu[1], Marisable Luna Cardozo[1], Maritza Torres-Samuel[2], Nunciatina Bucci[1] and Amelec Viloria Silva[3], Tito Crissien[3]

cvasquez@unexpo.edu.ve, mluna@unexpo.edu.ve, mtorres@ucla.edu.ve, nbucci@unexpo.edu.ve, aviloria7@cuc.edu.co, rectoria@cuc.edu.co

[1] Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre, 3001, Barquisimeto, Venezuela.

[2] Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, 3001, Barquisimeto, Venezuela.

[3] Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia.

Pages: 570–581

Resumen: El Ranking SIR IBER incluye el posicionamiento de las universidades iberoamericanas con al menos una publicación en la base de datos Scopus durante un quinquenio. Esto ha servido para analizar la actividad científica de regiones, países y universidades. El presente trabajo analiza el caso de las universidades venezolanas con respecto a su producción científica y posicionamiento según informes publicados durante el período 2013 al 2019, excluyendo el 2016. Se diseñan cinco clusters de universidades con base a su producción científica. El 90% de las publicaciones científicas del país se concentra en ocho universidades públicas (12%). Se observa un descenso del 16% en la producción científica y en el posicionamiento de las universidades, sin embargo destaca el liderazgo científico en un 63%, con un incremento del 18% de la colaboración en autorías internacionales y una producción del 47% en acceso abierto.

Palabras-clave: Universidades; producción científica; SIR IBER; Latinoamérica; Venezuela.

Scientific production and positioning of universities according to SIR IBER ranking 2013 to 2019, Latin American case

Abstract: The SIR IBER Ranking includes the positioning of Latin American universities with at least one publication in the Scopus database for a five-year period. This has served to analyze the scientific activity of regions, countries and universities. This work analyzes the case of Venezuelan universities with respect to their scientific production and positioning according to SIR IBER reports published during the period 2013 to 2019, excluding 2016. Five clusters of universities were designed based on their scientific production. 90% of the country's scientific publications are concentrated in eight public universities (12%). A decrease of 16% is observed in scientific production and in the positioning of universities, however,

scientific leadership stands out in 63%, with an increase of 18% in collaboration with international authors and a production of 47% in access open.

Keywords: Universities; scientific production; SIR IBER; Latin America; Venezuela.

1. Introducción

Desde 2007 el SCImago Research Group ha elaborado dos (2) bases de datos principales de análisis bibliométrico con la información de los trabajos científicos publicados en revistas indexadas en Scopus. Estos son SCImago Journal & Country Rank (SJR) y SCImago Institutions Rankings (SIR). Este último proporciona indicadores de producción, citación, impacto y colaboración para las publicaciones de revistas y documentos en índices Scopus, con métricas para la evaluación y mejora de las actividades, los productos y resultados, en torno a la investigación científica (Torres-Samuel, Vásquez, Luna, Bucci, Viloria & Cabrera, 2019); esto se espera, son resultado de los esfuerzos de visibilidad coordinados estratégicamente por las universidades (Vásquez, Torres-Samuel, Viloria, Crissien, Valera, Gaitán-Angulo & Lis-Gutiérrez, 2018).

El Ranking Iberoamericano de Instituciones de Educación Superior, SIR IBER es un informe anual sobre el comportamiento de las instituciones del sector de académico y de investigación, publicado por SCImago Research Group, el cual ofrece una clasificación de las instituciones según el número de trabajos indexados en la base de datos Scopus durante un periodo de cinco años. Desde 2009, el SIR IBER publica un informe sobre posicionamiento de las instituciones universitarias de los países de España, Portugal y de América Latina, que cuenten con al menos un (1) documento publicado en la base de datos Scopus, siendo su objetivo principal ofrecer una serie de indicadores que permiten conocer el desempeño de las instituciones universitarias de la región en cuanto a investigación, innovación e impacto social (Vásquez, Luna, Bucci, Torres-Samuel & Viloria, 2019).

La edición de linforme SIR IBER para el año 2019 (De-Moya-Anegón, Herrán-Páez, Bustos-González, Corera-Álvarez, Tibaná-Herrera & Rivadeneyra, 2019) reporta 1.761 instituciones iberoamericanas, de las cuales 1.586 (90%) corresponden a Latinoamérica y 65 (3,7%) a Venezuela.

Los ranking universitarios como el SIR IBER han permitido observar el comportamiento de la producción científica en regiones, países y universidades (Erlikkila, 2014). El propósito del presente trabajo es realizar un análisis de la producción científica y posicionamiento de las universidades de Venezuela, según lo reportado en los informes SIR IBER publicados durante el período 2013 al 2019, excluyendo el 2016, para ello se diseñaron cinco clusters considerando el volumen de su producción científica en el periodo de estudio.

2. Desarrollo

2.1. SIR Iber

El informe SIR IBER publica una evaluación de las universidades iberoamericanas según la cantidad y calidad de las publicaciones en la base de datos Scopus. Adicionalmente, a

las universidades les ha servido para evaluarse respecto a sus pares. Esta evaluación se realiza en base a la producción, impacto científico, especialización temática, y las redes de colaboración internacional entre instituciones (Vásquez, Luna, Bucci, Torres-Samuel & Viloria, 2019), considerando en cada informe anual la información correspondiente a un quinquenio. La base de datos Scopus está compuesta principalmente por las publicaciones en revistas académicas y actas de congreso, a nivel mundial. La Tabla 1 muestra la evolución del número de instituciones de educación superior por año, desde el 2009 al 2019 en SIR IBER. Se observan aspectos interesantes como:

Región/Año	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Iberoamerica	1385	1444	1511	1570	1607	1657	1687	1705	1727	1758	1761
Latinoamérica	1228	1285	1350	1408	1440	1488	1517	1533	1552	1584	1586
% Latam	88,7	89,0	89,3	89,7	89,6	89,8	89,9	89,9	89,9	90,1	90,1

Fuente: Datos tomados de De-Moya-Anegón, Herrán-Páez, Bustos-González, Corera-Álvarez, Tibaná-Herrera & Rivadeneyra (2019)

Tabla 1 – Evolución del número de instituciones por año en el SIR IBER desde el 2009 al 2019

- Entre el 2009 y 2013 hubo un incremento de 184 instituciones iberoamericanas, representando aproximadamente un 11%.
- Hasta el año 2013, el crecimiento del número de instituciones por año fue acelerado, alcanzando en ese período un 6,7%, evidenciando el impulso inicial de la región para ser incluida en esta base de datos. A partir de ese año en adelante el crecimiento ha sido aproximadamente un 2%.
- En el lapso de 10 años se observa un leve pero sostenido aumento del número de universidades en Latinoamérica que ingresan a la base de datos Scopus, desde un 88,7% (2009) a 90,1% (2019) en esta base de datos iberoamericana.

Según el SIR IBER 2019, el TOP 10 de las universidades Iberoamericanas son, en el orden: Universidad de Sao Paulo (BRA), Universidad de Lisboa (POR), Universidad Autónoma de México (MEX), Universitat de Barcelona (ESP), Universidad Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (BRA), Universidad do Oporto (POR), Universidad Estadual de Campinas (BRA), Universidad Autónoma de Barcelona (ESP), Universidad Federal do Rio de Janeiro (BRA) y Universidad Compútense de Madrid (ESP), siendo el 50% de Universidad de Latinomérica (Brasil y México) y el restante del continente europeo (España y Portugal). Este TOP10 de universidades acumula un total de 286.981 y 1.223 entre materiales publicados y patentes, respectivamente, para el quinquenio 2013-2017. Brasil lidera los países latinoamericanos, acumulando un 57% y 64% de publicaciones y patentes, respectivamente, en contraposición con España y Portugal que poseen el 43% y 36% (Vásquez, Luna, Bucci, Torres-Samuel & Viloria, 2019).

2.2. SIR IBER Venezuela, una revisión general

Según Falcón (2016) aproximadamente el 70% de la investigación producida en el país, se genera en las universidades públicas, estimulado favorablemente en la década del 90

por programas nacionales de promoción. El Programa de Promoción del Investigador (PPI), creado en 1990, constituyó una referencia obligada en materia de evaluación de la productividad de la investigación en las universidades en Venezuela, y donde se acreditaban a los investigadores. Este programa constituyó un paso importante para el desarrollo de la investigación académica, por la activación de mecanismos de estímulos, apoyo y reconocimiento institucional que permitieron una creciente incorporación de investigadores de todo el país y de todas las instituciones académicas (Marcano & Phélan, 2009). Posteriormente, este programa cambia al Programa de Estímulo al Investigador (PEI) el cual funciona a partir del 1995 (González, González-Arévalo, Velasco & Glanetto, 1997). Lamentablemente estos programas de reconocimiento y acreditación a la actividad de investigación perdieron continuidad, como política de estado, sin embargo algunas universidades mantienen aún sus programas institucionales similares.

La Tabla 2 muestra el número de instituciones venezolanas incluidas en los informes SIR IBER desde el 2013 al 2019, observándose en este último un repunte en el número de instituciones incluidas, sin embargo se aprecia asímismo una reducción del 16% de publicaciones registradas en Scopus.

En los Informes SIR IBER 2013, SIR IBER 2014, SIR IBER 2015, SIR IBER 2017, SIR IBER 2018 y SIR IBER 2019, publicados por SCImago Research Group, coinciden en el TOP7 de universidades venezolanas que mantienen sus posiciones en este orden, ellas son Universidad Central de Venezuela (UCV), Universidad Simón Bolívar (USB), Universidad de Los Andes (ULA), Universidad del Zulia (LUZ), Universidad de Carabobo (UC), Universidad de Oriente (UDO) y la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). La Figura 2, el promedio de publicaciones reportados por los informes 2013 al 2019, se observa que el 90% de las publicaciones se encuentran distribuidas entre las ocho (8) primeras universidades venezolanas, de 65 incluidas en el informe más reciente.

Informe SIR IBER	Periodo	Total universidades venezolanas	Publicaciones
2013	2007-2011	62	9.541
2014	2008-2012	60	9.631
2015	2009-2013	56	9.574
2017	2011-2015	52	8.744
2018	2012-2016	53	8.491
2019	2013-2017	65	8.029

Tabla 2 – Número de universidades venezolanas incluidas en el SIR IBER desde el 2013 al 2019 y total de publicaciones registradas en la base de datos Scopus en el correspondiente quinquenio de evaluación

Por otra parte, de acuerdo al resumen de indicadores de investigación mostrados en la Figura 1, en general, para las 65 universidades reportadas en el último informe publicado SIR IBER correspondiente al año 2019, se tiene que un 40% de las universidades venezolanas destacan por disponer de un 25 hasta un 50% de sus publicaciones en acceso abierto (OA); escaso liderazgo institucional en las publicaciones de excelencia (EWL),

sin embargo el 40% de las universidades lideran más del 50% de sus publicaciones (SL). Respecto al impacto normalizado (NI), el 50% de las instituciones presentan menos del 0,25 en este indicador, esto significa que se encuentran 75% por debajo de la media mundial de impacto en sus publicaciones. En cuanto a la colaboración internacional (IC), el 40% de las universidades presentan más del 50% de sus publicaciones con autores de instituciones extranjeras. Por otra parte el 20% de las universidades presentan publicación tipo Q1 en al menos el 25% de su producción.

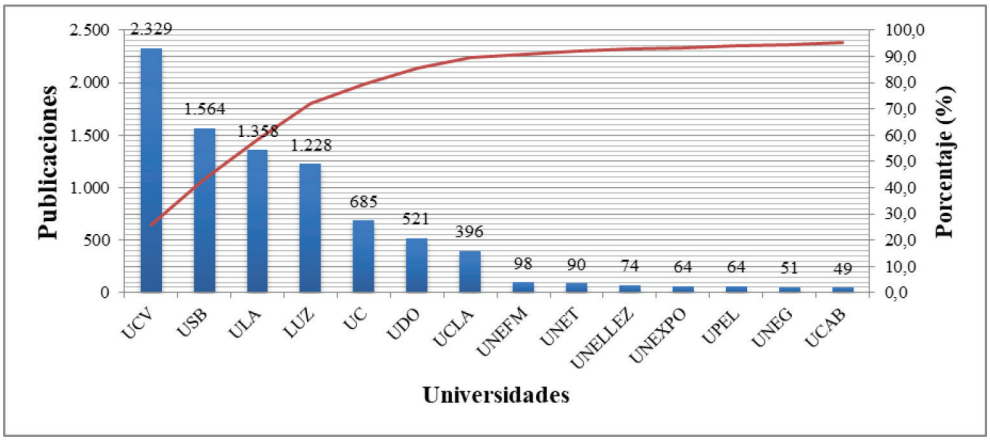
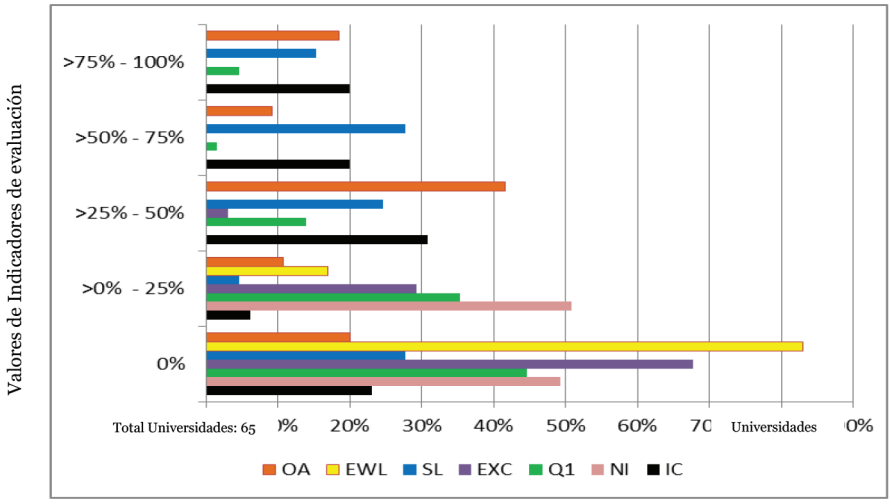


Figura 1 – Promedio de publicaciones Scopus en Universidades Venezolanas (hasta 95% producción científica acumulada), según Informes SIR IBER 2013 al 2019

2.3. SIR IBER Venezuela, un análisis por Clusters de Universidades

La diversidad observada en el desempeño de las universidades venezolanas respecto a su producción científica, especialmente cuando se concentra el mayor volumen de publicaciones en pocas universidades, obliga a realizar un análisis más detallado considerando clusters de estudio.

En la Tabla 3 se describe los parámetros para la conformación de cinco clusters de universidades en función del promedio de sus publicaciones divulgados en los informes SIR IBER 2013 al 2019. Se aprecia que los clusters 1 y 2 reúnen el 12% de las universidades las cuales generan el 90% de la producción científica del país. En la Tabla 4 se listan las universidades que integran cada uno de los clusters, y posteriormente se presenta el análisis de cada uno de los cluster respecto a su producción científica.



Leyenda:
OA: Open Access (%Publicaciones en acceso abierto).
EWL: Excellence with Leadership (%Publicaciones en excelencia donde la institución es la principal contribuyente).
NI: Normalized Impact (Normalización de las citas recibidas, en referencia a la media mundial de impacto).
IC: Colaboración Internacional (%Publicaciones con autores de instituciones extranjeras.
Q1: High Quality Publications (%Publicaciones en Revistas Q1).
SL : Scientific Leadership (%Publicaciones donde el autor principal pertenece a la Institución).
EXC: Excellence (%Publicaciones en el 10% más citados en sus campos).

Figura 2 – Indicadores de evaluación de la investigación en universidades venezolanas, según Informe SIR IBER 2019.

Cluster		Universidades		Publicaciones (Pub) SIR IBER 2019	
Nr	Criterio	Cantidad	%	Total	%
1	Pub >= 1000	4	6%	5.670	71%
2	100 <=Pub< 1000	4	6%	1.527	19%
3	50<=Pub<100	10	15%	546	7%
4	10<=Pub<50	9	14%	160	2%
5	Pub < 10	38	59%	106	1%
	Total	65	100%	8.029	100%

Tabla 3 – Diseño de los clusters para el análisis de universidades venezolanas

Cluster	Universidades
1	Universidad Central de Venezuela (UCV), Universidad Simón Bolívar (USB), Universidad de Los Andes (ULA), Universidad del Zulia (LUZ).
2	Universidad de Carabobo (UC), Universidad de Oriente (UDO), Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA), Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda (UNEFM),
3	Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET), Universidad Nacional Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora (UNELLEZ), Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre (UNEXPO), Universidad Católica Andrés Bello (UCAB), Universidad Nacional Experimental Libertador (UPEL), Universidad Metropolitana (UNIMET), Universidad Nacional de Guayana (UNEG), Universidad Nacional Belloso Chacín (URBE), Instituto de Estudios Superiores (IESA), Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez (UNERS).
4	Universidad Nacional Experimental Sur del lago Jesús María Semprúm (UNESUR), Universidad Santa María (USM), Universidad Nacional Experimental Rafael María Baralt (UNERMB), Universidad Nacional Abierta (UNA), Universidad Nacional Experimental de los Llanos Centrales Rómulo Gallegos (UNERG), Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada (UNEFA), Universidad Bolivariana de Venezuela (UBV), Instituto Universitario de Tecnología Federico Rivero Palacio, Universidad Católica Cecilio Acosta (UNICA).
5	Universidad Católica del Táchira (UCAT), Universidad Rafael Urdaneta (URU), Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo (IUTM), Universidad Monteávila (UMA), Universidad Tecnológica del Centro (UNITEC), Universidad marítima del Caribe (UMC), Universidad Politécnica Territorial del Oeste de Sucre Clodosbaldo Russian (UPTOS), Instituto Universitario de Tecnología de Cumaná (IUTC), Universidad Arturo Michelena (UAM), Universidad Fermín Toro (UFT), Universidad Politécnica Territorial de Falcón Alonso Gamero (UTAG), Universidad Politécnica Territorial de Lara Andrés Eloy Blanco (UPTAEB), Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño, Instituto Universitario de Tecnología de Valencia, Universidad Bicentenaria de Aragua, Universidad de las Naciones Unidas, Universidad Latinoamericana y del Caribe, Universidad Politécnica Territorial de Aragua Federico Brito Figueroa, Universidad Politécnica Territorial de Mérida Kleber Ramírez, Universidad Politécnica Territorial de Yaracuy Arístides Bastidas, Universidad Politécnica Territorial del Zulia José Rafael Núñez, Universidad Yacambú, Colegio Universitario Monseñor de Talavera, Instituto Universitario de Tecnología Alonso Gamero Coro, Instituto Universitario de Tecnología de Administración Industrial, Instituto Universitario de Tecnología de Cabimas, Instituto Universitario de Tecnología Elías Calixto Pompa, Instituto Universitario de Tecnología Jacinto Navarro Vallenilla, Instituto Universitario Tecnológico del Estado Bolívar, Universidad José Antonio Páez, Universidad José Gregorio Hernández, Universidad Militar Bolivariana de Venezuela, Universidad Nacional Experimental de la Seguridad, Universidad Nacional Experimental del Yaracuy, Universidad Nacional Experimental Marítima del Caribe, Universidad Nororiental Privada Gran Mariscal de Ayacucho, Universidad Nueva Esparta.

Tabla 4 – Conformación de los clusters

Cluster 1 de universidades venezolanas

La cuatro universidades de este cluster, UCV, USB, ULA y LUZ; contribuyen con el 71% de la producción científica venezolana registrada en Scimago, así mismo han liderizado el posicionamiento en este país en los informes del SIR IBER del 2013 al 2019, sin embargo se observa un descenso progresivo en sus posicionamientos y producción

científica. Como se muestra en la Tabla 5, el posicionamiento iberoamericano de las universidades venezolanas de este cluster descendió en aproximadamente 10 posiciones anualmente, además de una disminucion del 18% en las publicaciones, de 6.955 a 5.690, respectivamente. La UCV se mantuvo entre las 100 primeras de Iberomérica hasta el informe del año 2015. Según el último informe, este grupo de universidades se caracterizan, en promedio, especialmente por liderar institucionalmente el 61% de sus publicaciones, con una colaboración internacional aproximada del 52% y un 40% en materiales OA. Este grupo de universidades registra en promedio un 23% de su producción en publicaciones Q1 (Figura 3.a).

Univ	2013			2014			2015			2017			2018			2019		
	IBE	LAC	PUB	IBE	LAC	PUB	IBE	LAC	PUB	IBE	LAC	PUB	IBE	LAC	PUB	IBE	LAC	PUB
Total Pub			*9.541*			*9.631*			*9.574*			*8.744*			*8.491*			*8.029*
UCV	80	39	2.532	86	43	2.555	98	50	2.515	124	70	2.236	137	79	2.143	146	87	1.991
USB	110	57	1.589	123	68	1.621	129	71	1.685	148	90	1.615	167	106	1.510	186	119	1.364
ULA	115	62	1.491	133	75	1.420	145	87	1.422	171	110	1.273	188	122	1.275	199	130	1.268
LUZ	123	68	1.343	137	79	1.337	152	92	1.302	184	119	1.163	205	138	1.158	212	140	1.067
%TOT		73%	6.955		72%	6.933		72%	6.924		72%	6.287		72%	6.086		71%	5.690

Tabla 5 – Posicionamiento y producción cientifica para universidades del Cluster 1

Cluster 2 de universidades venezolanas

Conformado por cuatro (4) universidades, UC, UDO, UCLA, UNEFM, las cuales aportan el 19% de la producción científica del país, descendieron aproximadamente 20 posiciones anuales en Iberoamérica (Tabla 6). Similar al grupo anterior, se observa un descenso en su número de publicaciones, de 1.719 a 1.555, representando esto un 10%. Según el último informe, este grupo de universidades se caracterizan, en promedio, especialmente por liderar institucionalmente el 63% de sus publicaciones, con una colaboración internacional aproximada del 43% y un 53% en materiales OA, siendo este el más alto entre los clusters estudiados. Este grupo de universidades registra en promedio un 16% de producción Q1 (Figura 3.b).

Univ	2013			2014			2015			2017			2018			2019		
	IBE	LAC	PUB	IBE	LAC	PUB	IBE	LAC	PUB	IBE	LAC	PUB	IBE	LAC	PUB	IBE	LAC	PUB
Total Pub			9.541			9.631			9.574			8.744			8.491			8.029
UC	178	115	719	195	129	753	210	140	725	248	174	647	264	190	662	288	205	602
UDO	212	143	498	230	158	544	239	163	546	273	196	527	291	212	527	318	232	485
UCLA	226	155	422	256	178	426	262	185	444	323	239	366	351	268	356	374	282	359
UNEFM	370	288	103	401	313	105	423	336	111	488	396	97	504	415	92	516	417	81
%Total		18%	1.742		19%	1.828		19%	1.826		19%	1.637		19%	1.637		19%	1.527

Tabla 6 – Posicionamiento y número de documentos publicados para las universidades en el Cluster 2

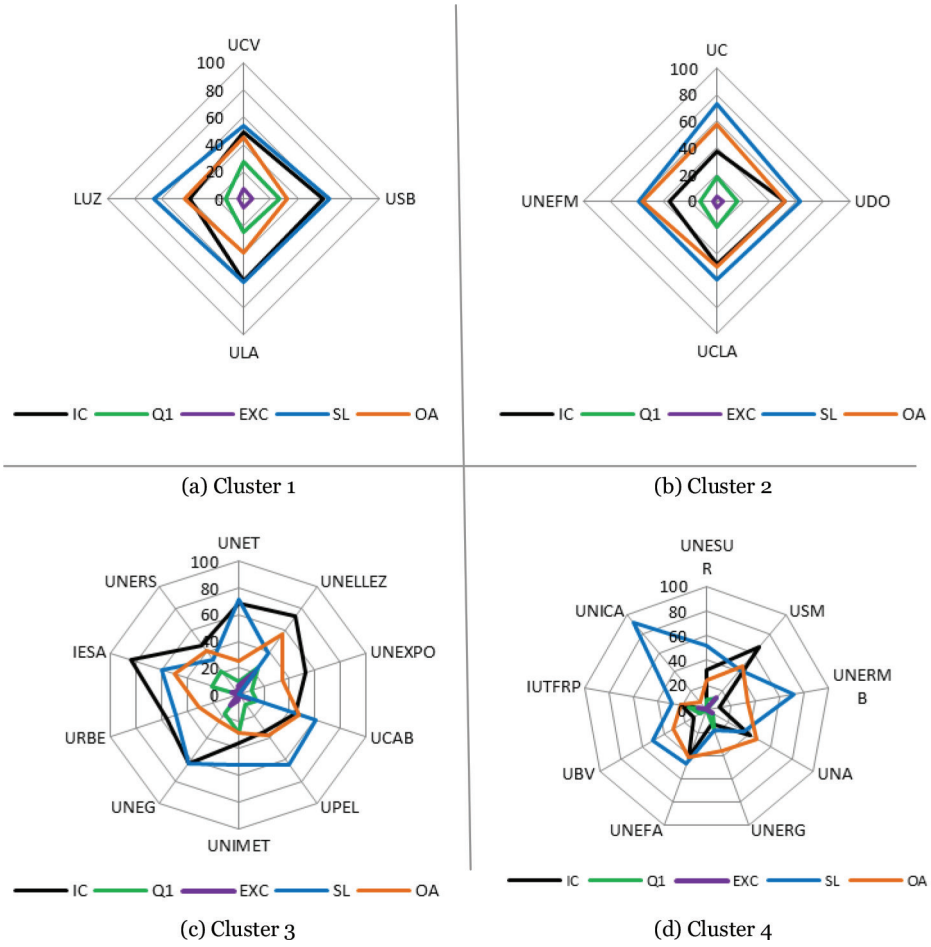


Figura 3 – Indicadores de evaluación de la producción científica en universidades venezolanas, según datos del Informe SIR IBER 2019. Cluster 1 y 2: universidades con publicación del 90% de la producción científica del país, Cluster 3 y 4: universidades con publicación del 9% de la producción científica del país.

Cluster 3 de universidades venezolanas

Conformado por diez (10) universidades, UNET, UNELLEZ, UNEXPO, UCAB, UPEL, UNIMET, UNEG, URBE, IESA, las cuales aportan el 7% de la producción científica del país. Según el último informe, este grupo de universidades se caracterizan, en promedio, por presentar la más alta colaboración internacional (56%) entre los clusters, lideran institucionalmente el 49% de sus publicaciones, contar con un 38% en materiales OA. Este grupo de universidades registra en promedio un 16% de producción Q1 (Figura 3.c).

Cluster 4 de universidades venezolanas

Conformado por nueve (9) universidades, UNESUR, USM,UNERMB, UNA, UNERG,UNEFA, UBV, IUTFRP, UNICA, las cuales aportan el 2% de la producción científica del país. Según el último informe, este grupo de universidades se caracterizan, en promedio, por presentar la más baja colaboración internacional (27%) entre los clusters, lideran institucionalmente el 49% de sus publicaciones, contar con un 32% en materiales OA. Este grupo de universidades registra en promedio un 7% de producción Q1 (Figura 3.d).

Cluster 5 de universidades venezolanas

Conformado por treinta ocho (38) universidades (ver Tabla 4), representando el 59% de las instituciones del país reportadas en el último informe SIR IBER, estás aportan el 2% de la producción científica del país. Según el último informe, este grupo de universidades se caracterizan principalmente liderar institucionalmente el 62% de sus publicaciones, por presentar un 48% de colaboración internacional en las autorías, contar con un 46% en materiales OA. Este grupo de universidades registra en promedio un 18% de su producción como artículos tipo Q1 (Figura 4).

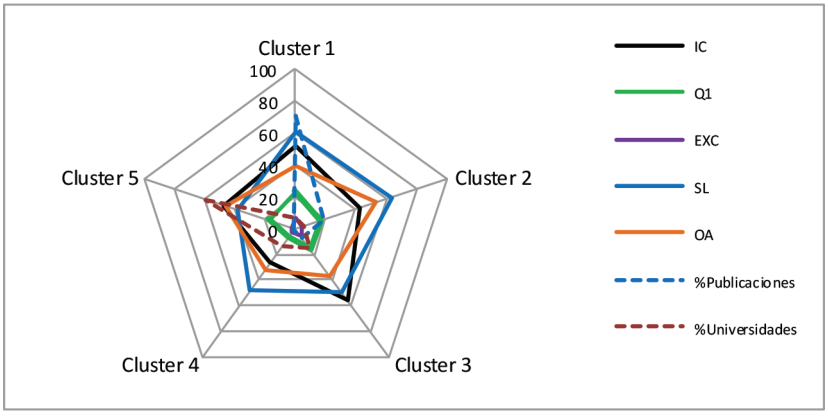


Figura 4 – Promedio de los indicadores de evaluación de la producción científica de universidades venezolanas, agrupadas en cinco clusters. Fuente datos: SIR IBER 2019

La universidades venezolanas, cuyas producción científica representa el 90% del país (clusters 1 y 2), lideran la autoría de sus publicaciones en un 60%, así mismo se aprecia que presentan un 48%, aproximadamente, de publicaciones elaboradas con la contribución de autores de instituciones extranjeras y, y además de un 47% de materiales open access. De esta manera, estos cluster 1 y 2 presentan perfiles similares peculiares (Figuras 3.a y 3.b) respecto a los indicadores mostrados de evaluación científica; no así las universidades de los clusters restantes, siendo muy diversos sus respectivas valoraciones (Tabla 7).

Indicadores	Informes SIR IBER (Valores Promedios)						Incremento
	2013	2014	2015	2017	2018	2019	
(SL) %Liderazgo Científico	59,6	60,5	61,1	65,0	64,3	62,2	4,1%
(IC) %Contribución Internacional	38,9	37,2	37,6	39,8	42,4	47,5	18,1%
(EXC) %Excelencia	3,7	3,4	4,0	4,0	4,9	5,0	26,2%
%Q1*	SD	SD	18,7	18,7	18,9	19,6	5,0%
(NI) Impacto normalizado de las citaciones	34,1	33,7	30,3	31,9	32,6	33,6	-1,5%
Total de publicaciones en el país	9.541	9.631	9.574	8.744	8.491	8.029	-16%
*SD: Sin Datos							

Tabla 7 – Promedio anual de indicadores de ocho universidades venezolanas (Clusters 1 y 2) las cuales producen el 90% de las publicaciones del país

4. Conclusiones

El posicionamiento de las universidades se ha vuelto una práctica común. Entre los ranking el SIR IBER realiza el posicionamiento de las universidades en función de los materiales publicados en la base de datos Scopus. Este sirve para analizar el comportamiento de las regiones, países, universidades e instituciones en base a sus indicadores. Con base a los informes publicados por el SIR IBER del 2013 al 2019, excluyendo 2016, se realizar un análisis regional, de Venezuela y sus universidades.

Se analiza el caso de las universidades venezolanas con respecto a su producción científica y posicionamiento según informes publicados durante el período 2013 al 2019, excluyendo el 2016. Se diseñan cinco clusters de universidades con base a su producción científica. El 90% de las publicaciones científicas del país se concentra en ocho universidades públicas (12%). En el lapso de estudio se observó un descenso del 16% en la producción científica y del posicionamiento de las universidades, sin embargo, en las ocho universidades líderes en la producción científica del país se observa un 62% del liderazgo científico institucional el cual se ha mantenido con un incremento modesto, así como también en las publicaciones Q1. Destaca el 18% de ascenso en la colaboración internacional, ubicándose así en un 48% de publicaciones con autores de instituciones extranjeras; así mismo el incremento del 26% en la excelencia de las publicaciones respecto a los más citados en sus respectivos campos. Para finalizar, el 47% de los materiales publicados se realiza en acceso abierto, fortaleciendo así el modelo de comunicación de la ciencia Latinoamérica basado en la socialización de los contenidos científicos. Con la presente investigación se diseñaron perfiles por grupos de universidades de acuerdo a su desempeño en la producción científica venezolana.

Referencias

De-Moya-Anegón, F, Herrán-Páez, E., Bustos-González, A., Corera-Álvarez, E. & Tibaná-Herrera, G. (2017). *Ranking Iberoamericano de instituciones de educación superior. SIR IBER 2017.* SCImago Research Group, Barcelona, España: *Ediciones Profesionales de la* Información. DOI: http://doi.org/10.3145/sir-iber-2017

De-Moya-Anegón, F.,Herrán-Páez, E., Bustos-González, A., Corera-Álvarez, E. & Tibaná-Herrera, G. (2018). *Ranking Iberoamericano de instituciones de educación superior 2018 (SIR Iber),* SCImago Research Group, Barcelona, España: *Ediciones Profesionales de la* Información.

De-Moya-Anegón, F., Herrán-Páez, E., Bustos-González, A., Corera-Álvarez, E., Tibaná-Herrera, G. y Rivadeneyra, F. (2019). *Ranking Iberoamericano de instituciones de educación superior 2019 (SIR Iber)*, SCImago Lab, Granada. http://www.elprofesionaldelainformacion.com/documentos/SIR_Iber_2019.pdf

Erlikkila, T. (2014). Global univertitys rankings, transnational policy discurse and higher educations in Europe, *European Journal of Edications*, 49(1), 91-101.

Falcón, C. (2016). Un nuevo modelo de gerencia y gestión académico administrativo para la universidad venezolana. *Palermo Business Review*, 13,111-129.

González, E., González-Arévalo, B., Velasco, M. & Glanetto G. (1997). Evaluación de la actividad universitaria basándose en los resultados del Programa de estímulo al Investigador (PEI) y Programa de Promoción al Investigador (PPI): Comparación en la Universidad Central de Venezuela (UCV). *Tribuna del Investigador*. 4(2), 112-132.

Marcano, D. & Phélan, M. (2009). Evolución y desarrollo del programa de promoción del investigador en Venezuela. *Interciencia*, 34(1), 17-24.

Scimago, Scimago Lab. Available from: https://www.scimagoir.com/methodology.php.

SCImago Research Group, *SIR Iber 2013*, SCImago Lab & Scopus, 2013.

SCImago Research Group, *SIR Iber 2014*, SCImago Lab & Scopus, 2014.

SCImago Research Group, *SIR Iber 2015*, SCImago Lab & Scopus, 2015.

Torres-Samuel, M., Vásquez, C., Luna, M., Bucci, N., Viloria, A., & Cabrera, D. (2019). Clustering of Top50 Latin American Universities in SIR, QS, ARWU and Webometrics Ranking, *Procedia Computer Science*, 160, 467-472.

Vásquez, C., Torres-Samuel, M., Viloria, A., Crissien, T., Valera, N., Gaitán-Angulo, M., & Lis-Gutierrez, J. (2018). Visibility of reserch in universities: the triada producto-reserch-institution. Case: Latin American Countries, *Lectur Notes in Computer Sciencie, International Conference on Data Mining and Big Data*, 225-234.

Vásquez, C., Luna, M., Bucci, N., Torres-Samuel, M., & Viloria, A. (2019). University Clusters from SIR IBER Indicators of Innovation Factor 2016-2019, *Procedia Computer Science*, 160, 451-456.

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

Recebido/Submission: 13/12/2019
Aceitação/Acceptance: 06/02/2020

Eficiencia técnica de la investigación y desarrollo, ciencia y tecnología, educación e innovación en países Latinoamericanos

Maritza Torres-Samuel[1], Carmen Luisa Vásquez Stanescu[2], Marisabel Luna-Cardozo[2], Amelec Viloria[3], Tito Crissien[3]

mtorres@ucla.edu.ve, cvasquez@unexpo.edu.ve, mluna@unexpo.edu.ve, aviloria7@cuc.edu.co, rectoria@cuc.edu.co

[1] Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, 3001, Barquisimeto, Venezuela.

[2] Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre, Av. Corpahuaico, 3001, Barquisimeto,Venezuela.

[3]Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia.

Pages: 582–594

Resumen: Se analizan 15 países latinoamericanos considerando seis (6) factores que reflejan su progreso respecto a la investigación y desarrollo, ciencia y tecnología, educación e innovación. Estos factores son estudiados como entradas y salidas en un análisis de eficiencia técnica de sus economías usando análisis envolvente de datos. Para cada país se encuentra como entradas los aportes porcentuales del PIB para gastos de educación y de investigación y desarrollo y el número de universidades. Como salidas se tienen las exportaciones en servicios TIC y de alta tecnología y el índice global de innovación. Los datos fueron recopilados de las instituciones Banco Mundial, CEPAL, WIPO y el Ranking Web de Universidades. Se obtuvo que los países latinoamericanos presentan desempeños diferentes considerando el aporte del PIB para gastos de investigación y desarrollo, siendo este el principal insumo que contribuye con las exportaciones en alta tecnología en los países estudiados.

Palabras-clave: Latinoamérica, eficiencia, ciencias y tecnología, innovación, TIC, DEA.

Technical efficiency of research and development, science and technology and education and innovation in Latin American countries

Abstract: In this work were analyzed 15 Latin American countries considering six (6) factors that reflect their progress in research and development, science and technology and education and innovation. These factors are studied as inputs and outputs in a technical efficiency analysis of their economies using Data Envelopment Analysis. For each country, the inputs are: the percentage contributions of PIB for education, research and development expenses and the number of universities. As exits there are exports in ICT and high technology services and the global innovation index. The data were collected from the World Bank, CEPAL, WIPO institutions

and the University Web Ranking. It was obtained that Latin American countries have different performances considering the contribution of PIB for research and development expenses, being the main inputs that contributes to high-tech exports in the countries studied.

Keywords: Latin-American, efficiency, science and technology, innovation, TIC, DEA.

Lista de Abreviaturas y acrónimos

CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España
DEA	Análisis Envolvente de Datos, por sus siglas en inglés
DMU	unidades de toma de decisiones, por sus siglas en inglés
HT	Alta Tecnología, por sus siglas en inglés
I&D	Investigación y desarrollo
IPIBI&D	Porcentaje de PIB para I&D
IPIBEDU	Gasto público en educación
IPIBI&D	Gasto en investigación y desarrollo
IUNIPOB	Indicador que relaciona el número de Instituciones de Educación Superior con la población del país
OGIIRAN	Índice Global de Innovación
OTICEXP	Exportaciones de servicios de TIC
n	Número total de variables
p	Número de variables de entrada
POB	Población por país
TIC	Tecnología de la información y la comunicación
q	Número de variables de salida
UNIV	Instituciones de Educación Superior
WIPO	Comisión Económica para América Latina y el Caribe, por sus siglas en inglés

1. Introducción

Entre los factores imprescindibles para transitar hacia una economía competitiva basada en el conocimiento se encuentra la inversión destinada a la investigación y desarrollo (I&D) (Villanueva, 2019). Es así como los países asiáticos destinan más del 1% del Producto Interno Bruto (PIB) para gastos en este sector, incluso la República de Corea ha logrado alcanzar hasta el 3% (Baller, Dutta, & Lavin, 2016). Entre éstos, el crecimiento de las exportaciones de servicios en telecomunicaciones, informática y de información. Adicionalmente, destaca como una vía estratégica para lograr la competitividad, el acceso a los servicios de tecnología de la información y la comunicación (TIC), un mejor nivel de instituciones y de las inversiones, siendo determinante el PIB (Moreno, Maya, Méndez, & Aké, 2019), el acceso al internet, uso de tecnologías y las instituciones educativas (Salinas García & Montes Pimentel, 2016).

La Organización Mundial del Comercio (OMC) en su informe estadístico anual, ofrece un análisis detallado de la evolución reciente del comercio mundial, reportando las exportaciones de servicios por regiones de las telecomunicaciones, informática e información. Señala que en el año 2015 este sector de servicios crece rápidamente, especialmente en Costa Rica, convirtiéndose en el principal proveedor de servicios informáticos de América del Sur y Central, seguidos de Brasil y Argentina. Sin embargo, las cifras regionales son bajas para Latinoamérica (aproximadamente un 2,2%), siendo los líderes Europa (58,8%) y Asia (23,6%) (OMC, 2016). Para el año 2018, estas cifras cambian a Europa (57,1%), Asia (25,2%), América del Sur y Central y el Caribe (1,5%) (OMC, 2019), observándose una disminución en el volumen de exportaciones para Europa y América del Sur y el Caribe, afectando su competitividad y productividad. Por otro lado, el crecimiento de más de dos (2) puntos porcentuales del gigante asiático.

Es necesario explorar las políticas y directrices económicas de los países, donde la prestación de servicios, la infraestructura económica, salud y educación y el mantenimiento de un ambiente macroeconómico favorable, contribuyen para alcanzar altos niveles de competitividad (Medeiros, Conclaves, & Camragos, 2019), (Vásquez, Torres-Samuel, & Viloria, 2017), (Vásquez, y otros, 2018). En este marco, cabe preguntarse cuáles son los factores que contribuyen con las exportaciones en tecnología y, en consecuencia, mejoran el posicionamiento de los países como innovadores, donde ésta no se limita a las economías más avanzadas, tampoco a los sectores de alta tecnología (HT, por sus siglas en inglés), siendo un fenómeno global que afecta a todos los sectores de la economía (WIPO, 2018).

Entre los indicadores del desarrollo mundial publicados por el Banco Mundial (Banco Mundial, 2020), reunidos a partir de fuentes internacionales reconocidas oficialmente. Estos indicadores son importantes para los países, los cuales se han sido recopilados en el presente trabajo para realizar un análisis de eficiencia técnica de las inversiones del PIB y la educación en 15 países latinoamericanos y conocer sus contribuciones en la innovación y exportaciones en tecnología, aplicando para ello el método de Análisis Envolvente de Datos (DEA, por sus siglas en inglés). Las variables de entrada del estudio son:

- Aporte porcentual del PIB en educación.
- Aporte porcentual del PIB en I&D.
- Relación número de universidades y población.

Como salidas se incluyen:

- Exportación en los servicios de TIC.
- Exportación en HT.
- Índice Global de Innovación.

El artículo en su primera parte presenta la metodología empleada para la selección y recolección de variables y datos. Posteriormente, presenta los resultados logrados y la discusión académica. Los resultados muestran el desempeño de los países respecto a las exportaciones en tecnología y su desarrollo en innovación, por medio de cluster diferenciables.

2. Desarrollo

2.1. Selección de variables, países y datos para el análisis

Para el análisis de eficiencia técnica usando DEA se consideran los datos publicados de países latinoamericanos en bases reconocidas como el Banco Mundial, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (WIPO) y Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España (CSIC), con datos completos para las seis (6) variables seleccionadas, que se muestran en la Tabla 1 y 2.

De 23 países revisados (Tabla 3), 15 contaban con los datos completos requeridos para los seis (6) indicadores en estudio (Tabla 4). En este sentido, se agruparon los países en dos (2) cluster, el primero conformado por ocho (8) miembros cuyo porcentaje de PIB para I&D (IPIBI&D) es superior al 0,2%. En el segundo, se encuentran siete (7) países con este porcentaje inferior a 0,2% (Tabla 4).

Etiqueta	Variable	Descripción	Año
IPIBEDU	Gasto público en educación (como % del PIB)	Gastos corrientes y de capital destinado a educación a cargo de la administración local, regional y nacional (CEPAL, 2020). La proporción del gasto público consagrado a la educación permite evaluar el énfasis de las políticas de gobierno con respecto al valor percibido de otras inversiones públicas. Adicionalmente, refleja el compromiso de un gobierno a invertir en el desarrollo del capital humano.	2003 -2018
IPIBI&D	Gasto en investigación y desarrollo (como % del PIB)	Gasto interno bruto en I&D, expresado como porcentaje del PIB. Estos gastos son en corrientes y de capital (público y privado) en trabajo creativo realizado sistemáticamente para incrementar los conocimientos, incluyendo los relacionados con la humanidad, la cultura y la sociedad y su el uso para nuevas aplicaciones, en los cuatro (4) sectores: empresa comercial, gobierno, educación superior y organizaciones privadas sin fines de lucro. La I&D abarca la investigación básica y la aplicada y el desarrollo experimental (Banco Mundial, 2020).	2013-2016
IUNIPOB	Indicador que relaciona el número de Instituciones de Educación Superior con la población del país	Indicador obtenido dividiendo el número de Instituciones de Educación Superior entre la Población total del país, multiplicado por 10^5 (Banco Mundial, Población Total, 2020). Número de Instituciones de Educación Superior (CSIC, 2020). Población Total (Banco Mundial, Población Total, 2020).	2019 2017

Tabla 1 – Variables de entrada para el análisis de eficiencia

Etiqueta	Variable	Descripción	Año
OHTEXP	Exportaciones de Alta Tecnología (% de exportaciones)	Las exportaciones de alta tecnología son productos con alta intensidad de I&D, tales como investigación aeroespacial, productos de computación y farmacéuticos, instrumentos científicos y maquinaria eléctrica (Banco Mundial, Wordl Developmet Indicador: Science and Technology, 2020).	2018
OTICEXP	Exportaciones de servicios de TIC (% de exportaciones de servicios, balanza de pagos)	Las exportaciones de servicios de TIC incluyen servicios de comunicaciones y computación (servicios de telecomunicaciones y de correo postal y mensajería) y servicios de información (datos electrónicos y operaciones de servicios relativos a la transmisión de noticias) (Banco Mundial, Exportaciones de servicios de TIC, 2020)	2017
OGIIRAN	Índice Global de Innovación	El Índice Mundial de Innovación proporciona indicadores detallados de los resultados en 127 países y economías de todo el mundo mediante el uso de 81 indicadores agrupados en las dimensiones: Instituciones, capital humano e investigación, infraestructura, sofisticación del mercado, sofisticación empresarial, conocimiento y productos tecnológicos y creativos (WIPO, 2018).	2017

Tabla 2 – Variables de salida para el análisis de eficiencia

PAÍS	CÓD	POB	UNIV	UNIPOB	PIBEDU	Año PIBEDU	PIBI&D	Año PIBI&D	TICEXP	HTEXP	GIIRAN
Argentina	ARG	44044811	116	0,26	05,5	2017	0,53	2016	13,23	5,3	32
Brazil	BRA	207833831	1369	0,66	06,2	2015	1,27	2016	06,34	13	33,1
Colombia	COL	48901066	283	0,58	04,5	2017	0,27	2016	04,07	7,3	34,78
Chile	CHL	18470439	139	0,75	05,4	2017	0,36	2016	03,45	6,4	38,7
Mexico	MEX	124777324	1176	0,94	04,9	2016	0,49	2016	00,29	21	35,79
Peru	PER	31444297	175	0,56	03,9	2017	0,12	2016	02,11	4,6	32,9
Bolivia	BOL	11192854	55	0,49	07,3	2014	SD	SD	04,66	4,9	25,64
Uruguay	URY	3436646	40	1,16	04,9	2017	0,41	2016	07,55	7,2	34,53
Cuba	CUB	11339259	28	0,25	12,8	2010	0,35	2016	SD	SD	SD
Costa Rica	CRI	4949954	59	1,19	07,4	2017	0,46	2016	14,64	18,5	37,09
Paraguay	PRY	6867062	39	0,57	03,4	2016	0,15	2016	01,38	9,7	30,3
República Dominicana	DOM	10513131	40	0,38	02,0	2007	SD	SD	01,62	8,6	31,17
Ecuador	ECU	16785361	62	0,37	05,0	2015	0,44	2014	01,93	5,3	29,14
Panamá	PAN	4106771	28	0,68	03,2	2011	0,06	2013	02,21	9,2	34,98
El Salvador	SLV	6388122	37	0,58	03,8	2017	0,15	2016	08,00	6,1	26,68
Honduras	HND	9429013	16	0,17	06,0	2017	0,01	2015	09,54	3,1	26,36
Nicaragua	NIC	6384855	42	0,66	04,3	2017	0,11	2015	11,17	0,7	SD

PAÍS	CÓD	POB	UNIV	UNIPOB	PIBEDU	Año PIBEDU	PIBI&D	Año PIBI&D	TICEXP	HTEXP	GIIRAN
Haití	HTI	10982366	15	0,14	02,4	2016	SD	SD	04,98	SD	SD
Trinidad y Tobago	TTO	1384072	12	0,87	03,1	2003	0,09	2016	01,47	0,1	29,75
Venezuela	VEN	29390409	66	0,22	06,9	2009	0,12	2016	SD	SD	SD
Guatemala	GTM	16914936	20	0,12	02,8	2017	0,03	2015	08,85	5,3	27,9
Puerto Rico	PRI	3325001	39	1,17	SD	SD	0,43	2015	SD	SD	SD
Jamaica	JAM	2920853	22	0,75	5,4	2018	SD	SD	03,63	SD	30,36

Tabla 3 – Data de los países latinoamericanos

		Entradas			Salidas		
PAÍS		IUNIPOB	IPIBEDU	IPIBI&D	OTICEXP	OHTEXP	OGIIRAN
Cluster 1 PIB I&D ≥ 0,2%	BRA	0,66	6,2	1,27	6,34	13	33,1
	ARG	0,26	5,5	0,53	13,23	5,3	32
	MEX	0,94	4,9	0,49	0,29	21	35,79
	CRI	1,19	7,4	0,46	14,64	18,5	37,09
	ECU	0,37	5	0,44	1,93	5,3	29,14
	URY	1,16	4,9	0,41	7,55	7,2	34,53
	CHL	0,75	5,4	0,36	3,45	6,4	38,7
	COL	0,58	4,5	0,27	4,07	7,3	34,78
Cluster 2 PIB I&D < 0,2%	PRY	0,57	3,4	0,15	1,38	9,7	30,3
	SLV	0,58	3,8	0,15	8,00	6,1	26,68
	PER	0,56	3,9	0,12	2,11	4,6	32,9
	TTO	0,87	3,1	0,09	1,47	0,1	29,75
	PAN	0,68	3,2	0,06	2,21	9,2	34,98
	GTM	0,12	2,8	0,03	8,85	5,3	27,9
	HND	0,17	6	0,01	9,54	3,1	26,36

*SD: Sin datos publicados.
*Países resaltados en color gris se descartaron del análisis por no presentar en las bases de datos consultadas datos completos para realizar el análisis de eficiencia con las variables consideradas.

Tabla 4 – Países seleccionados y conformación de los dos (2) cluster de análisis

En la Figura 1 se aprecian la distribución de los países en los cuadrantes de relación IPIBI&D con el %PIB en educación (IPIBEDU), Universidades según la población (IUNIPOB) y el Índice Global de Innovación (OGIIRAN). Los cuadrantes superiores corresponden a los países del cluster 1 y los inferiores al cluster 2. Se realizaron tres (3) análisis por cluster, correspondientes a la eficiencia de los países al usar los tres (3) insumos respecto a cada variable de salida.

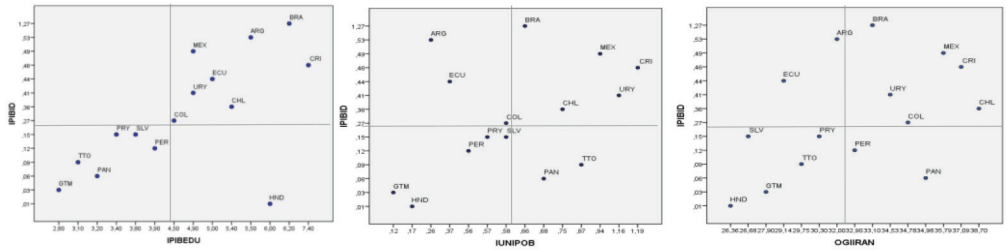


Figura 1 – Representación en cuadrantes del aporte porcentual a I&D de los países latinoamericanos respecto: (a) Aporte %PIB a la Educación, (b) Universidades de acuerdo a la población del país y, finalmente, (c) Índice Global de Innovación

2.2. Medición de la eficiencia y el Análisis Envolvente de Datos (DEA)

El DEA es una aplicación de métodos de programación lineal, empleado para medir la eficiencia relativa de unidades organizativas que presentan las mismas metas y objetivos. Esta técnica fue desarrollada inicialmente por (Charnes, Cooper, & Rhodes, 1978), quienes se basaron en un trabajo preliminar de (Farrell, 1957). Las unidades de análisis en el DEA se denominan unidades de toma de decisiones (DMU, por sus siglas en inglés). Para el presente trabajo cada país representa una única DMU.

La aplicación del DEA requiere la selección de variables de entrada y de salida. Se seleccionaron de cada país indicadores sobre el aporte porcentual del PIB en Educación e I&D (ver Tabla 1). Como variables de salidas se recopila los indicadores sobre exportaciones en TIC y en HT, además del Indicador Global de Innovación (ver Tabla 2). La aplicación de la técnica DEA requiere que las DMU seleccionadas deben ser homogéneas, para que se puedan comparar, y lo suficientemente heterogéneas, para que se pueda extraer información de la comparación. Tener alguna capacidad para gestionar los recursos que disponen y ser su número suficiente para no limitar la capacidad discriminatoria del análisis (Coll & Blasco, 2006).

En cuanto a la adecuación entre el número total de variables (n) y DMU, se aplica la regla que debe cumplirse que $n \leq p \times q$, donde p es el número de variables de entradas y q de salida. Para el presente caso se tiene que para los seis (6) análisis realizados $3x1 < 8$ (cluster 1) y $3x1 < 7$ (Murias-Fernández, 2004). Para el análisis de eficiencia se aplica el modo de optimización BCC (Banker, Charnes, & Cooper, 1984) con retornos variables, orientado a maximizar la salida. Es decir, maximizar las exportaciones en servicios tecnológicos y el posicionamiento en el index de innovación dado las entradas. Este modo de optimización es flexible, impone mínimas condiciones a la función de producción, asumiendo la hipótesis de rendimientos variables a escala, con el cual obtendremos una medida de la Eficiencia Técnica Pura. Para el análisis de eficiencia se utiliza el software *Analyst Frontier*® de *Banxia*

3. Resultados

En primer lugar, previo al análisis de eficiencia, se caracterizan los países en estudio. En la Figura 1 se aprecian grupos diferenciables en torno a la inversión que realizan para el

gasto en I&D, dando lugar a los dos (2) cluster analizados en el presente trabajo, a fin de aplicar el análisis de eficiencia con grupos de unidades (países) homogéneos entre sí. Por otra parte, se observa una importante correlación (0,605 Pearson) entre los aportes para I&D (IPIBID) y para la educación (IPIBEDU) (Figura 1). Adicionalmente, destacan Brasil, México, Costa Rica, Chile, Uruguay y Colombia, al coincidir en el cuadrante superior derecho, evidenciando una relación entre los aportes en I&D y la proporción de universidades/población, así mismo con el Índice Global de Innovación.

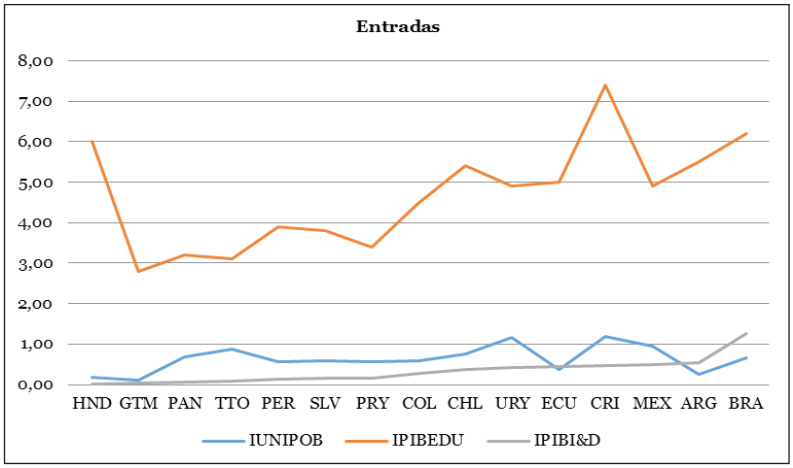


Figura 2 – Entradas de los países latinoamericanos analizados

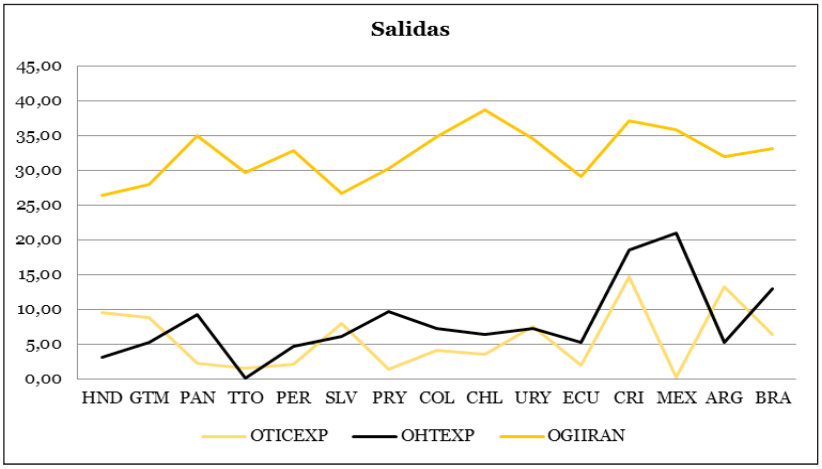


Figura 3 – Salidas de los países latinoamericanos analizados

Respecto a las variables de entrada y salida país (ver Figuras 2 y 3), se tiene que Brasil es el único país latinoamericano con un %PIB para I&D superior al 1%. Sin embargo,

las exportaciones en TIC y HT no son los más altos de la región. Costa Rica, Brasil, Chile, Argentina y Honduras destacan por sus aportes a la educación por encima del 5% del PIB. Respecto al Índice Global de Innovación, Chile y Costa Rica lideran el ranking latinoamericano.

En cuanto a las correlaciones de Pearson, dentro de cada cluster (ver Tabla 5), se observan diferencias significativas en el comportamiento de las variables en ambos grupos de países. En el cluster 1 se aprecian correlaciones positivas relevantes entre IPIBEDU y OTICEXP (0,695), IUNIPOB y OHTEXP (0,603), IUNIPOB y OGIIRAN (0,659). En el segundo cluster, destacan importantes correlaciones negativas entre OTICEXP y OGIIRAN (-0,786), OTICEXP y IUNIPOB (-0,807), y una correlación positiva entre IUNIPOB y IPIBID (0,602)

Cluster		IPIBEDU	IPIBID	OTICEXP	OHTEXP	OGIIRAN	IUNIPOB
1	IPIBEDU	1	,397	,695	,463	,261	,346
	IPIBID	,397	1	,089	,241	-,242	-,102
	OTICEXP	,695	,089	1	,023	,069	,137
	OHTEXP	,463	,241	,023	1	,408	,603
	OGIIRAN	,261	-,242	,069	,408	1	,659
	IUNIPOB	,346	-,102	,137	,603	,659	1
2	IPIBEDU	1	-,334	,469	-,247	-,419	-,423
	IPIBID	-,334	1	-,501	,312	,157	,602
	OTICEXP	,469	-,501	1	-,182	-,786*	-,807*
	OHTEXP	-,247	,312	-,182	1	,395	-,032
	OGIIRAN	-,419	,157	-,786*	,395	1	,527
	IUNIPOB	-,423	,602	-,807*	-,032	,527	1

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Tabla 5 – Correlación de Pearson de las variables Inputs y Outputs

En segundo lugar, se reportan a continuación los resultados del análisis de eficiencia de los países dentro de cada cluster, además de las contribuciones de las entradas en la eficiencia. En la Tabla 6 se observa que Argentina, Ecuador, Colombia, Honduras y Guatemala son los países que resultaron 100 por ciento eficientes en los tres (3) análisis realizados en cada cluster. Adicionalmente, en el cluster 1, México muestra ser eficiente en las exportación de HT y Costa Rica lo es respecto a las exportaciones en servicios TIC, coincidiendo esto con lo reportado por la OMC en su informe del 2016 (OMC, 2019). Así mismo, Chile corrobora su eficiencia y liderazgo en la Innovación (Quiroga-Parra, Torrent-Sellens, & Murcia Zorrilla, 2017). Respecto al cluster 2, Panamá es eficiente con las exportaciones de HT y confirma su alto desempeño en Innovación. Finalmente, Paraguay resulta eficiente en las exportaciones de HT.

PAÍS	OTICEXP	OHTEXP	OGIIRAN
BRA	46%	90%	89%
ARG	100%	100%	100%
MEX	4%	100%	98%
CRI	100%	96%	96%
ECU	100%	100%	100%
URY	98%	45%	95%
CHL	42%	49%	100%
COL	100%	100%	100%
Eficiencia Promedio	74%	85%	97%

(a) Cluster 1

PAÍS	OTICEXP	OHTEXP	OGIIRAN
HND	100%	100%	100%
GTM	100%	100%	100%
PAN	25%	100%	100%
TTO	17%	1%	90%
PER	23%	50%	99%
SLV	88%	63%	79%
PRY	15%	100%	90%
Eficiencia Promedio	53%	73%	94%

(b) Cluster 2

Tabla 6 – Eficiencia de los países de cada cluster, respecto al uso de los insumos en cada variable salida*.

Finalmente, en las Figuras 4 y 5 se presentan las contribuciones de los insumos resultantes de los países 100% eficientes, respecto a cada una de las variables de salida. En ambos cluster, se observa que el %PIB para I&D es el principal insumo que contribuye con las exportaciones en HT. Respecto a las exportaciones en TIC y posicionamiento en Innovación se aprecian diferencias en las contribuciones de los insumos. Para los países del cluster 1 es determinante el aporte en educación. Por otro lado, para el cluster 2, contribuye el %PIB para I&D, conjuntamente con el número de universidades de los países.

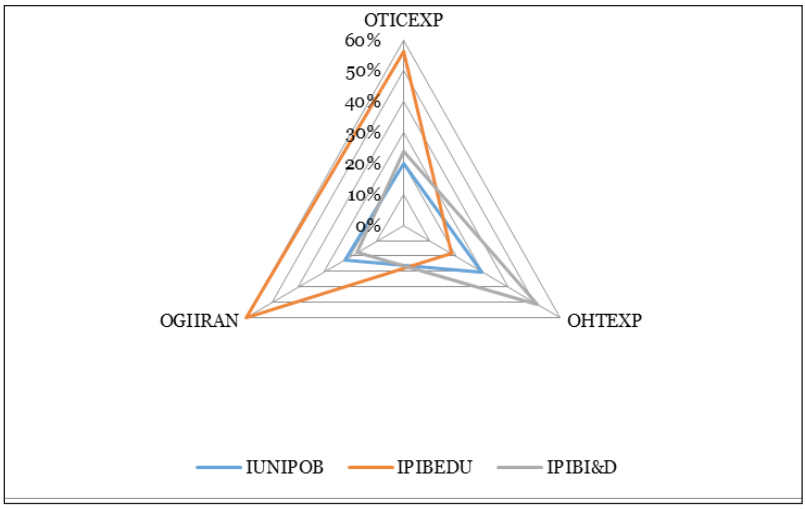


Figure 4 – Contribución de los insumos de los países 100% eficientes en el cluster 1, respecto a las exportaciones y al índice de innovación

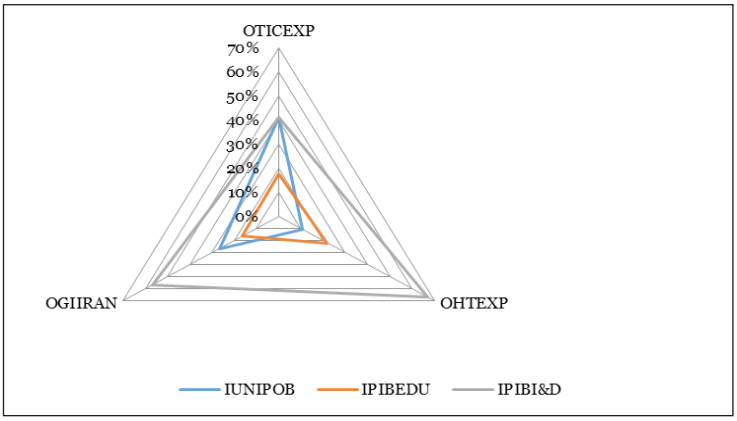


Figure 5 – Contribución de los insumos de los países 100% eficientes en el cluster 1, respecto a las exportaciones y al índice de innovación

4. Conclusiones

Se ha analizado la eficiencia técnica usando el método DEA, en 15 países latinoamericanos respecto a seis (6) indicadores sobre investigación y desarrollo, ciencia y tecnología, educación e innovación. Como entradas se consideraron los aportes porcentuales del PIB para gastos de educación y de investigación y desarrollo, así como un indicador sobre número de universidades respecto a la población del país. Como salidas se encuentran las exportaciones en servicios de TIC, de alta tecnología y el índice global de innovación.

Estos países se agruparon en dos (2) cluster, para que sean unidades homogéneas de análisis.

Los países latinoamericanos presentan desempeños diferentes en los dos (2) cluster diseñados para el análisis, a partir del aporte del PIB para gastos de investigación y desarrollo y de educación y la relación entre el número de universidades y la población. Como salidas de consideran las exportaciones de servicios de TIC y en alta tecnología y el índice global de innovación en los 15 países latinoamericanos estudiados. En este se encuentra divergencias respecto a las eficiencias para las exportaciones de TIC y el posicionamiento en Innovación.

Respecto a la eficiencia de los países, Argentina, Ecuador, Colombia, Honduras y Guatemala resultaron 100 por ciento eficientes en los tres (3) análisis realizados en cada cluster.

Referencias

Baller, S., Dutta, S., & Lavin, B. (2016). The Global Information Tecnology Report 2016. *Innovating in the Digital Economy*. On Line: http://www3.weforum.org/docs/GITR2016/WEF_GITR_Full_Report.pdf

Banker, R., Charnes, A., & Cooper, W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 4(8), 130-143, On Line: http://rfcca.umich.mx/index.php/rfcca/article/view/126.

CEPAL (s.f.). *CEPALSTAT. Base de Datos Y Publicaciones Estadísticas*. On Line: https://estadisticas.cepal.org/cepalstat/PerfilesNacionales.html?idioma=spanish

Charnes, A., Cooper, W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal Of Operational Reserach*, 2, 429-444.

Coll, V., & Blasco, O. (2006). *Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos*. Valencia, España: Universidad de Valencia, 202 pp.

OMC (2016). *Exámen estadístico del comercio mundial 2016*.On Line: https://www.wto.org/spanish/res_s/statis_s/wts2016_s/wts2016_s.pdf

CSIC (2020). *Ranking Web de Universidades, Latinoamerica*. On Line: http://www.webometrics.info/es

Farrell, M. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, Series A, 120, Part III, 253-290.

Medeiros, V., Conclaves, G. L., & Camragos, T. E. (2019). La competitividad y sus factores determinantes: un análisis para países en desarrollo. *Revista de la CEPAL*, N° 129. 7-27.

Moreno, E., Maya, I. C., Méndez, A. S., & Aké, S. C. (2019). Factores determinantes de las exportaciones de servicios de telecomunicaciones, informática y de información. *Revista de la Facultad de Contaduría y Ciencias Administativas*, 4(8), 130-143, OnLine: http://rfcca.umich.mx/index.php/rfcca/article/view/126.

Banco Mundial (2020). *Exportaciones de servicios de TIC*. On Line: . https://datos.bancomundial.org/indicador/BX.GSR.CCIS.ZS

Banco Mundial (2020). *Población Total*. On Line: https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL

Banco Mundial (2020). *Wordl Developmet Indicador: Science and Technology*. On Line: http://wdi.worldbank.org/table/5.13#

Banco Mundial (2020). *Indicadores del desarrollo mundial (IDM)*. On Line: https://databank.bancomundial.org/reports.aspx?source=2&series=BX.GSR.CCIS.ZS&country=#

Murias-Fernández, P. (2004). *Metodología de apliación del análisis envolvente de datos: evaluación de la eficiencia técnica en la Universidad de Santiago de Comportela*. Santiago de Comportela: Tesis Doctoral. Uinversidad de Santiago de Compostela.

OMC (2019). *Exámen estadístico del comercio mundial 2019*. Organización Mundial del Comercio. On Line: https://www.wto.org/spanish/res_s/statis_s/wts2019_s/wts2019_s.pdf

Quiroga-Parra, d., Torrent-Sellens, J., & Murcia Zorrilla, C. P. (2017). Usos de las TIC en América Latina: una caracteización. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeneiría*, 25(2), 289-305. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052017000200289.

Salinas García, R., & Montes Pimentel, D. (2016). El desarrollo del sector software en América Latina y Asia. *Relaciones Internacionales*, 89 (1), 151-169. OnLine: https://doi.org/10.15359/ri.89-1.7. https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ri/article/view/8424.

Vásquez, C., Torres-Samuel, M., & Viloria, A. (2017). Public Policies in Science and Technology in Latina American Contries with Universities in The TOP100 of Webonmetrics. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12 (11). 2963 – 2965.

Vásquez, C., Torres-Samuel, M., Viloria, A., Crissien, T., Valera, N., Gaitán-Ángulo, M., & Lis-Gutierrez, J. (s.f.). Visibility of reserch in universities: the triada producto-reserch-instituto. Case: Latin American Contries. *International Conference on Data Mining and Big Data (pp. 225-234). Springer, Cham*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93803-5_21. On Line: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-93803-5_21

Villanueva, J. (2019). La "gestión del conocimiento": el desafio de las nuevas ideas económicas. *Ensayos de Política Económica*, 1(2), 143-153. On Line: http://erevistas.uca.edu.ar/index.php/ENSAYOS/article/view/2454

WIPO (2018). *Global Innovation Index 2017*. On Line: https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4193

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

Recebido/Submission: 15/11/2019
Aceitação/Acceptance: 25/01/2020

SOSChat: Sistema oportunístico de mensajería para entornos vulnerables

Jorge Herrera-Tapia, Pablo España-Bravo, Andy Castillo-Palma, Manuel Cúñez-Olalla, Juan Carlos Sendón-Varela, Patricia Henríquez-Coronel

{jorge.herrera, e1350583744, e1316458650, e1316459088, juan.sendon, patricia.henríquez}@uleam.edu.ec

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, CP 130802, Manta, Manabí, Ecuador.

Pages: 595–608

Resumen: El uso de aplicaciones de mensajería en teléfonos móviles inteligentes se ha incrementado, al igual que el acceso a Internet. Sin embargo, estas intenciones de compartir información se limitan en ambientes vulnerables desde la perspectiva de infraestructura tecnológica, o por su ubicación geográfica, siendo entornos muy frágiles ante cualquier situación de crisis, donde se han destruido o colapsado los canales de transmisión de datos. Bajo estas condiciones, el uso de aplicaciones de mensajería basadas en redes oportunistas es una alternativa viable para que las personas puedan comunicarse. Este modelo de comunicación tolerante a desconexión aprovecha el tiempo de contacto entre dispositivos móviles para diseminar la información, hasta llegar a su destino. En este artículo se presenta una aplicación de mensajería offline, basada en redes oportunistas, que utiliza WiFi-Direct y Bluetooth. Se realizaron mediciones reales entre los dispositivos, además simulaciones, para determinar la factibilidad de uso de las redes oportunistas.

Palabras-clave: redes oportunistas; DTN; mensajería; Android.

SOSChat: Opportunistic messaging system for vulnerable environments

Abstract: The use of messaging applications on smart mobile phones has increased, as has Internet access. However, these intentions to share information are limited in vulnerable environments from the perspective of technological infrastructure, or because of its geographical location, being very fragile environments in the face of any crisis, where data transmission channels have been destroyed or collapsed. Under these conditions, the use of messaging applications based on opportunistic networks is a viable alternative for people to communicate. This communication model tolerant of disconnection takes advantage of the contact time between mobile devices to disseminate the information until it reaches its destination. This article presents an offline messaging application, based on opportunistic networks, that uses WiFi-Direct and Bluetooth. Actual measurements were made between the devices, in addition to simulations, to determine the feasibility of using opportunistic networks.

Keywords*:* Opportunistic networks, DTN, messages, Android.

1. Introducción

El desarrollo tecnológico de los dispositivos celulares o smartphones en los últimos años, junto con el acceso a Internet, han incentivado al uso de aplicaciones de mensajería instantánea para la comunicación entre personas de una manera rápida y sencilla. Si embargo, existen escenarios donde esta comunicación no es posible, debido a varias razones, por ejemplo: la infraestructura celular de transmisión de datos no está disponible, o no funciona correctamente, ya sea por causas propias a la administración de recursos; o factores ajenos al control del hombre, como es el caso de lugares que han sido impactados por algún desastre natural. Esta falta de comunicación, independientemente de la causa, afecta directamente a los conglomerados humanos, en su condición social, emotiva e incluso a la seguridad e integridad de las personas, que en un determinado momento podrían estar necesitando de urgencia un programa que les permita pedir ayuda a través de una aplicación móvil, o para coordinar cualquier tipo de acción en grupo.

En este trabajo de investigación se presenta el diseño de una aplicación off-line de mensajería para dispositivos Android denominada "SOSChat", que no necesita acceso a Internet para su funcionamiento, manteniendo los mensajes en memoria si los dispositivos perdieran conexión, y que envíe la información utilizando a otros dispositivos similares como repetidores, hasta que los mensajes lleguen al destino. El contenido de los mensajes puede variar, dependiendo de la situación en que se encuentren las personas, desde un simple mensaje de texto, pero con información crucial como, por ejemplo, la ubicación a través de coordenadas GPS (Global Positioning System), o mensajes de advertencia y alerta.

El funcionamiento de *SOSChat*, que utiliza las interfaces inalámbricas Bluetooth y WiFi-Direct de los smartphones para la transmisión de mensajes, ha sido evaluado, en diferentes escenarios, como por ejemplo en lugares donde existe línea de vista entre los dispositivos móviles, y así mismo en lugares con obstáculos entre los equipos. Después de haber evaluado la funcionalidad de la aplicación, se utilizó la simulación para determinar la difusión de la información en escenarios con diferente cantidad de dispositivos móviles, utilizando el simulador The ONE (The Opportunistic Network Environment) (Keränen, 2009).

Este artículo está organizado de la siguiente manera: en la Sección 2 se presenta una breve descripción de las redes oportunistas y de investigaciones relacionadas a la propuesta. En la Sección 3 se explica la propuesta de la aplicación diseñada, y en las Secciones 4 y 5 la evaluación y conclusiones respectivamente.

2. Trabajos relacionados

Una red oportunista es una aplicación que funciona en dispositivos móviles de usuarios que estén dispuestos a colaborar en la transmisión de información. Este tipo de redes no depende del acceso a Internet, estas operan transmitiendo la información de dispositivo a dispositivo (en modo ad-hoc). Las redes oportunistas dependen de la duración del contacto entre usuarios o nodos para transmitir la información, tal como explican los autores de (Ferretti, 2013; Pelusi, Passarella, Conti, & Cnr, 2007), por la forma en que

operan son consideradas como una subclase de las Redes Tolerantes a Retardo DTN (Delay Tolerant Networks). Las DTN se basan en el principio de *"almacenar, transportar y reenviar"* los mensajes que reciben los nodos cuando entran en contacto con otros.

El éxito en la entrega información en las redes oportunistas depende del número de usuarios, de la colaboración de estos, y de su movilidad, estos factores determinan la calidad del contacto entre los nodos, influyendo en la cantidad de datos transmitidos, así como también dependen del tipo de radio o interfaz inalámbrica utilizada en los nodos, debido a que la trasmisión de información se realiza cuando los nodos establecen contacto, o entran en su área de transmisión. Los autores de (Chancay-Garcia et al., 2018; Jorge Herrera-Tapia, Hernandez-Orallo, et al., 2016), evaluaron la diseminación de mensajes considerando el tiempo de duración del contacto entre nodos, los mismos que deberían estar dispuestos a colaborar en el proceso de difusión.

El campo de aplicación de las redes oportunísticas es explicado por (Cabero, Molina, Urteaga, Liberal, & Martín, 2014; Förster, Garg, Nguyen, & Giordano, 2012; Ott, Hyytiä, Lassila, Kangasharju, & Santra, 2011). Donde se puede apreciar el despliegue de este tipo de redes, como por ejemplo en la recolección de datos de sensores, así como también en el campo laboral. La movilidad es un factor determinante en el rendimiento de las redes oportunistas, esta es evaluada en los trabajos de (Chancay-Garcia et al., 2018; Jorge Herrera-Tapia, Hernandez-Orallo, et al., 2016). Los resultados se basan en simulaciones, donde analizaron la movilidad de acuerdo con determinados patrones de desplazamiento de las personas, como eventos sociales y celebraciones donde se concentra una importante cantidad de personas. La simulación se ha convertido en un excelente herramienta para evaluar modelos de difusión de información, los autores de (Dede et al., 2018) explican en profundidad como ejecutar y analizar este tipo de redes utilizando diferentes simuladores y que parámetros considerar.

Para mejorar la difusión de los mensajes en las redes oportunistas, investigadores han propuesto muchos protocolos. De estos, el más utilizado es el Epidémico, este es similar al contagio de una enfermedad viral. Donde el virus se propaga entre personas que entran en contacto, de igual manera ocurre en las redes oportunistas, el mensaje se pasa entre usuarios que establecen contacto. El rendimiento de los protocolos es evaluado en los trabajos de (Hernandez-Orallo, Herrera-Tapia, Cano, Calafate, & Manzoni, 2015; J. Herrera-Tapia et al., 2017).

Las redes oportunistas se basan en el contacto entre smartphones, y que no utilizan Internet para su funcionamiento, son la base para algunas aplicaciones como: Hike Messenger, es un servicio de mensajería instantánea desarrollado en la India (Hike, 2019), el cual provee de comunicación por voz y texto. Su mayor distinción es enviar mensajes SMS gratuitos, incluso a aquellos dispositivos que no tienen instalada la aplicación. FireChat (Open Garden, 2019) fue utilizada por manifestantes en Hong Kong en 2014, la gente utilizaba como medio de comunicación en un escenario donde estaba restringido el uso de Internet. Y GRChat (Hernández-Orallo et al., 2016) una aplicación que fue desarrollada con el objetivo de evaluar los sistemas de mensajería basadas en contacto.

Los trabajos de investigación mencionados ubican a las redes oportunistas como una alternativa factible para la transmisión de mensajes entre dispositivos móviles

inteligentes, que no tienen acceso a una infraestructura de telecomunicaciones o Internet. La propuesta que presentamos a continuación considera las ventajas de las redes oportunistas, haciendo uso del hardware y de las interfaces inalámbricas Bluetooth y WiFi-Direct de los teléfonos inteligentes, que en la actualidad los poseen muchas personas, siendo estos potenciales usuarios de este tipo de redes.

3. Propuesta

A la aplicación desarrollada se le dio el nombre de "*SOSChat" (mensajería de auxilio)*, debido al posible entorno de vulnerabilidad en que se encuentren los usuarios que la utilicen. Sin embargo, la aplicación puede ser utilizada en cualquier situación, aunque los usuarios no estén pasando por una crisis. A continuación, se describen los aspectos más importantes de *SOSChat*.

3.1. Transmisión de mensajes.

Teniendo presente el modelo de difusión de las redes oportunistas, se diseñó e implementó un sistema de mensajería entre dispositivos móviles inteligentes, que soporte la desconexión de estos, y sin que se pierdan los mensajes que los usuarios envían. La transmisión se realiza en modo ad-hoc, es decir de dispositivo a dispositivo, utilizando Bluetooth o WiFi-Direct.

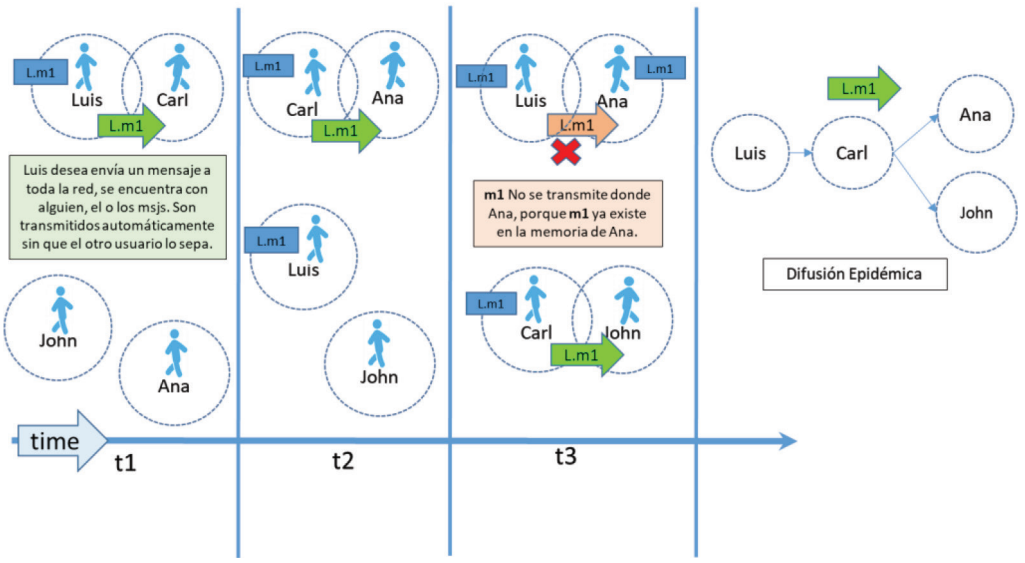


Figura 1 – Difusión epidémica de un mensaje.

Las redes oportunistas están basadas en la transmisión por contacto, por lo general se basan en el enrutamiento epidémico, que es una de las formas más eficaces para la difusión de mensajes. El funcionamiento de este enrutamiento está basado en que un

usuario envía un mensaje a los miembros de la red, este paquete estará disponible en su memoria para ser enviado a cualquier nuevo dispositivo que se conecte (establezca contacto), y este otro dispositivo se encargará de reenviar el paquete a otros dispositivos que establezcan una conexión. Solo el nodo destino podrá acceder a esa información, a no ser que el usuario emisor indique que el mensaje sea para todos.

En la Figura 1 se puede apreciar el funcionamiento del protocolo epidémico, la difusión de un mensaje en función del tiempo: en este caso, el usuario Luis en un tiempo "*t1*" inyecta un mensaje "*L.m1*" para los usuarios de la red oportunística, y es transmitido a Carl; en un tiempo "*t2*", Carl entra en contacto con Ana y le transmite el mensaje, en este mismo intervalo de tiempo vemos que Luis y John están fuera de cobertura de radio de las interfaces de sus smartphones sin que se produzca ningún contacto y envío. En un tiempo "*t3*", Luis entra en contacto con Ana, la transmisión debería realizarse, pero como Ana ya tiene el mensaje, no recibe el mensaje, en ese mismo instante, los dispositivos de Carl y John entran en cobertura y el dispositivo de Carl actúa como repetidor, y le transmite le mensaje al equipo de John; de esta manera funciona el protocolo epidémico. En el lado derecho de Figura 1, podemos ver la difusión del mensaje utilizando el protocolo epidémico.

Para que un mensaje o información se disemine, se requiere que estos usuarios tengan instalada la aplicación de red oportunista, y esta aplicación esté ejecutándose en background, convirtiendo a los dispositivos en el medio de propagación de los mensajes. Esta es la idea principal del funcionamiento de la propuesta de este proyecto.

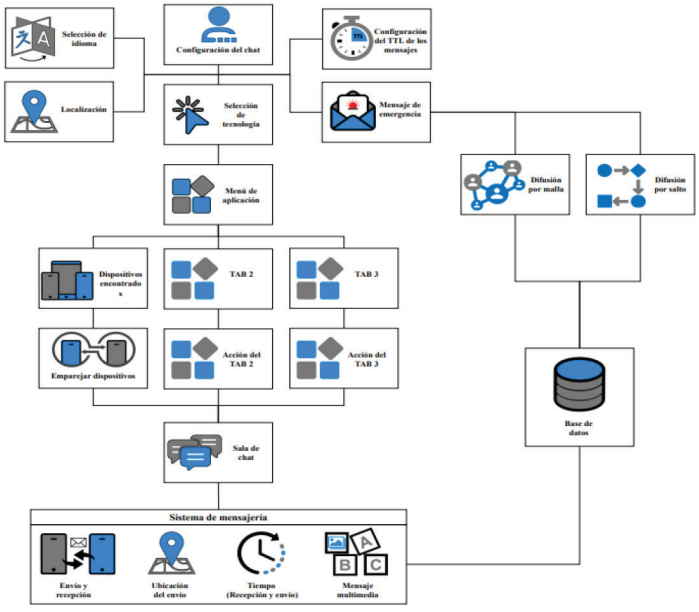


Figura 2 – Diseño de SOSChat.

3.2. Diseño de la aplicación

En la Figura 2 podemos ver el diseño funcional, las principales características de la aplicación son: a) Un módulo que permite configurar el idioma (español o inglés), establecer el tiempo de vida de los mensajes TTL (para optimizar la memoria y buffer), eliminando los mensajes antiguos. b) SOSChat permite que el usuario seleccione la tecnología para la transmisión de datos entre WiFi-Direct y Bluetooth. c) La aplicación permite enviar mensajes de texto y multimedia, manteniendo un historial de los chats, enviando mensajes a usuarios específicos o a un grupo de usuarios. d) SOSChat permite conocer la ubicación GPS donde se envió o se reenviaron los mensajes. e) Se pueden ver los dispositivos disponibles y los que están emparejados.

Para implementar el sistema se utilizaron las siguientes herramientas de software y consideraciones técnicas: a) Smartphones con sistema operativo Android desde la versión 4.4 en adelante. b) IDE utilizada Android Studio 3.0. c) Base de datos: SQLITE. d) Método de conexión: Bluetooth (P2P y en malla), WiFi-Direct. e) Tipo de diseminación Epidémico. f) Lenguaje de programación: JAVA.

3.3. Funcionamiento de la aplicación

Luego de haber instalado la aplicación, dando los respectivos permisos de acceso, se la ejecuta y aparece la pantalla mostrada en el lado izquierdo de la Figura 3, donde el usuario debe seleccionar la tecnología de transmisión. También puede apreciarse la ubicación GPS donde está el usuario, la misma que puede enviarse presionado el botón rojo de emergencia si el caso lo requiere.

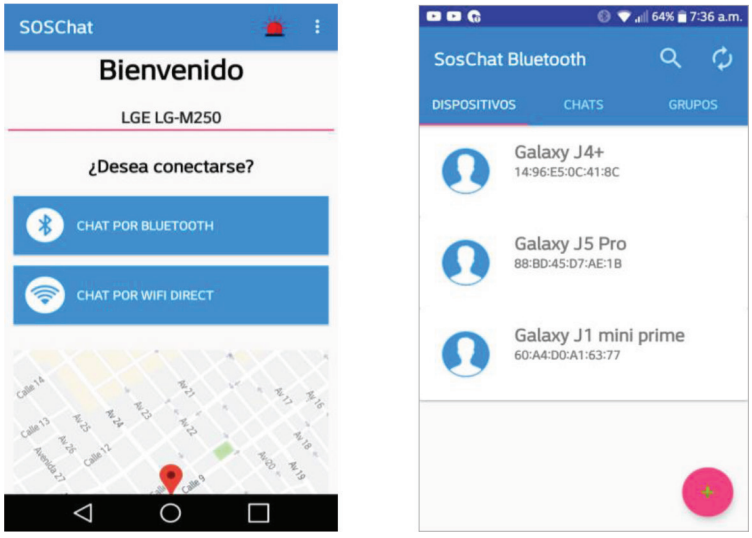


Figura 3 – Funcionamiento de SOSChat.

En la parte de la derecha de la Figura 3, podemos ver los dispositivos que ya se han emparejado. Y se puede establecer un chat o intercambio de mensajes, seleccionando a

uno del listado. Como se puede ver en la Figura 4, aparte de enviar mensajes de texto, también existe la posibilidad de enviar imágenes.

En esta sección se ha explicado brevemente la propuesta del sistema de mensajería, su modelo de difusión de mensajes, el diseño de la aplicación, y finalmente se ha presentado su funcionalidad. Es importante recalcar que la aplicación está diseñada para la transmisión de información de manera que tolere la desconexión temporal entre los dispositivos móviles, haciendo que no se pierdan los datos, y que utilicen a otros dispositivos como medio de difusión de la información.

4. Evaluación

En esta sección se presenta resultados de la evaluación, previamente se mostró la funcionalidad de la aplicación, cumpliendo con su objetivo de enviar mensajes entre dispositivos móviles que no tengan acceso a una infraestructura de telecomunicaciones. Permitiendo que, los mensajes se guarden en memoria hasta que el dispositivo entre en contacto con otros dispositivos, para proceder al proceso de envío o reenvío.

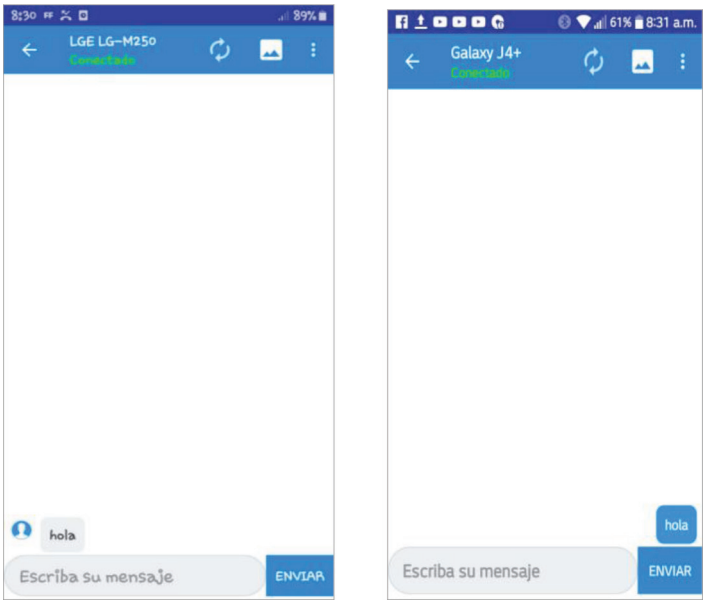


Figura 4 – Enviando mensajes.

Después de verificar el funcionamiento, se realizaron mediciones de campo, para determinar el rango de transmisión de las interfaces inalámbricas, tanto de Bluetooth como de WiFi-Direct, en lugares abiertos con línea de vista, y dentro de un edificio con obstáculos entre los dispositivos. Para esto se utilizaron teléfonos inteligentes Samsung modelo J5 PRO-J530G-DS, en la frecuencia de 2.4GHz.

4.1. Bluetooth

En lo que respecta a Bluetooth tenemos los siguientes resultados de las mediciones a campo abierto, la Tabla 1 la presentamos como una referencia del modo como se realizaron las mediciones, con unidades GPS.

Origen		Destino		Metros	Estado
Latitud	Longitud	Latitud	Longitud		
-0.95356	-80.74429	-0.95368	-80.74495	20	1
-0.95356	-80.74429	-0.95397	-80.74506	50	1
-0.95356	-80.74429	-0.95385	-80.74507	100	1
-0.95356	-80.74429	-0.95386	-80.74506	110	0
-0.95356	-80.74429	-0.95386	.80.74509	120	0

Tabla 1 – Mediciones con línea de vista.

El resultado de la conexión se refleja en el campo “estado”, el cual varía entre 1 (que representa conexión activa), y 0 (que representa la desconexión). De igual manera se procedió en escenarios con obstáculos.

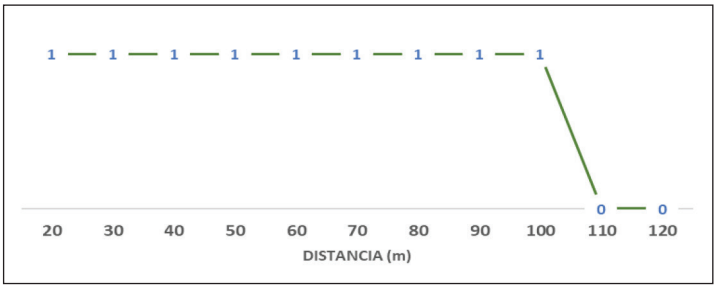


Figura 5 – Rango de comunicación Bluetooth con línea de vista.

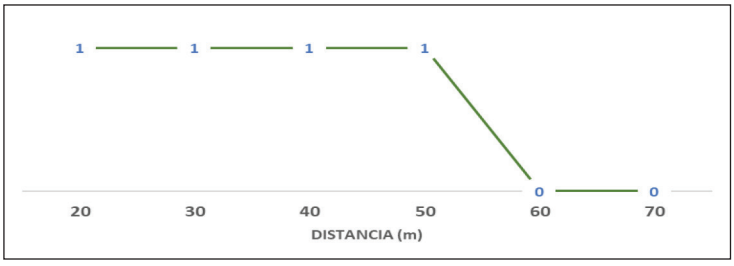


Figura 6 – Rango de comunicación sin línea de vista.

Los obstáculos que interfieren en la línea de visión del escenario son paredes de concreto y otros materiales que obstaculizan la transmisión directa. Una observación interesante acerca del alcance de Bluetooth, es que llega hasta los 100 metros en un ambiente con línea de vista y hasta 50 metros en un ambiente con obstáculos, ver Figuras 5 y 6. Para contrastar se realizaron mediciones del tiempo de transferencia de mensajes de diferente tamaño.

Como nos interesa conocer el comportamiento de la transmisión de datos en un ambiente con obstáculos, simulando una emergencia de un edificio destruido o alguna situación parecida, la Figura 7 muestra los resultados de las mediciones.

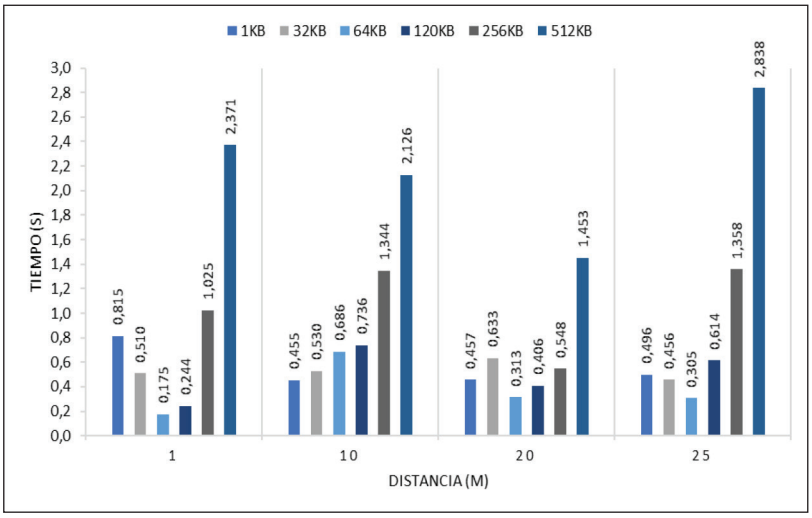


Figura 7 – Tiempo de transmisión en segundos (s) de mensajes con diferente tamaño en un ambiente con obstáculos.

En la Figura 7 es interesante ver y confirmar el comportamiento variable de las redes inalámbricas, por ejemplo, a una distancia de 20 metros los tiempos de transmisión disminuyen en lugar de aumentar. Posiblemente por la humedad variable del ambiente, o algún tipo de interferencia.

4.2. WiFi-Direct

En la Figura 8 se puede apreciar el tiempo de transferencia de mensajes de diferente tamaño, es lógico que entre más pesado sea el mensaje y a mayor distancia, el tiempo de transferencia aumenta, al igual que Bluetooth, se observa una fluctuación en los valores, cada medición se la realizó 16 veces, obteniéndose el promedio para la representación gráfica. El tamaño de un texto es equivalente a 32B, un archivo de texto de 215B, un dibujo 8kB, un audio de 10kB, una imagen de 312kB, y de un vídeo corto de 570kB. Con WiFi-Direct se logró un rango de conexión de hasta los 306 metros, esto supone que personas con algún requerimiento de comunicación (SOS,

mensajes de coordinación, etc.) puedan hacerlo a esa distancia, que se podría decir que es considerablemente buena.

En la Figura 9 se puede apreciar el comportamiento de WiFi-Direct en un ambiente interior con obstáculos, se tiene una buena comunicación hasta los 9 metros, con tiempos de transferencia aceptables. Acerca de las mediciones en un ambiente interior, se consideraron a las paredes como obstáculos entre los dispositivos móviles, el primer obstáculo fue una pared de bloques de cemento (22cm de espesor) con una distancia de 3m entre los dispositivos; luego se consideraron 2 paredes a una distancia de 5m entre los dispositivos, y finalmente a 9m con 3 paredes entre los móviles. Además de las paredes había un promedio de 14 personas que circulaban en dichas áreas. Es evidente que los obstáculos si interfieren en la comunicación inalámbrica, por ejemplo en transmitirse un mensaje de 20kB con un pared en el medio se demora cerca de 0,5s, mientras que con 3 obstáculos pasan los 12s.

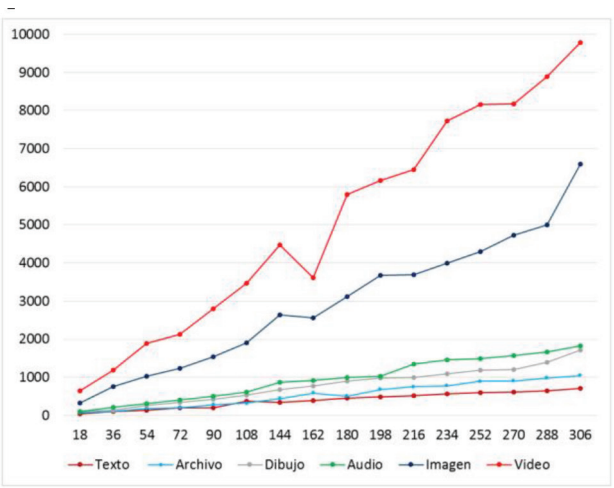


Figura 8 – Mediciones con WiFi-Direct en un ambiente abierto sin obstáculos.

4.3. Despliegue de una red oportunista

Para evaluar la factibilidad de la propuesta de mensajería, se realizaron simulaciones utilizando el simulador The ONE (The Opportunistic Network Environment). Los principales parámetros de simulación se muestran en la Tabla 2, el escenario es una ciudad, el tiempo de simulación corresponde a 12 horas. Los mensajes se generan con una frecuencia comprendida entre 1-3 minutos. En la simulación se han utilizado valores muy conservadores, para obtener resultados más realistas. Por ejemplo el rango de transmisión de WiFi se ha bajado de 100m a 30m, y el ancho de banda a 2Mbps.

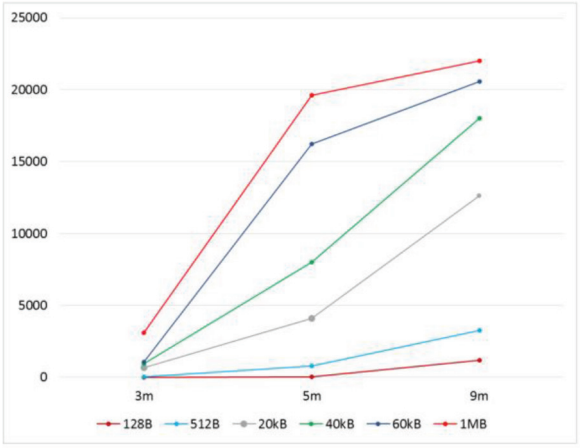


Figura 9 – Mediciones con WiFi-Direct en un ambiente interior con obstáculos.

Parámetro	Valor
Área de simulación	4500m x 3400m
TX	2Mbps tanto para Bluetooth y WiFi
Velocidad de los nodos	0,25m/s – 1,5m/s
Interfaz	Bluetooth, WiFi
Protocolo	Epidémico
Nodos	25; 50; 100; 200
Tamaño del mensaje	64B; 128B; 256B; 512B; 1K; 32K; 64K; 128K; 256K; 512K; 1M; 2M; 5M; 10MB

Tabla 2 – Parámetros de simulación.

Los resultados se miestran gráficamente en la Figura 10, donde es posible apreciar que, WiFi-Direct tiene una probabilidad de entrega de mensajes mayor que Bluetooth, debido a que su rango de transmisión es mayor que Bluetooth, para WiFi se presenta como una ventaja significativa al momento de implementar su funcionamiento en ambientes de alta concurrencia. Sin embargo, en la contraparte del análisis expuesto, cabe destacar que en escenarios de alta densidad la recomendación de uso es Bluetooth, debido a que permite establecer comunicación entre dispositivos con un mayor alcance en ambientes con obstáculos y consume menos energía que WiFi, alargando el tiempo de batería.

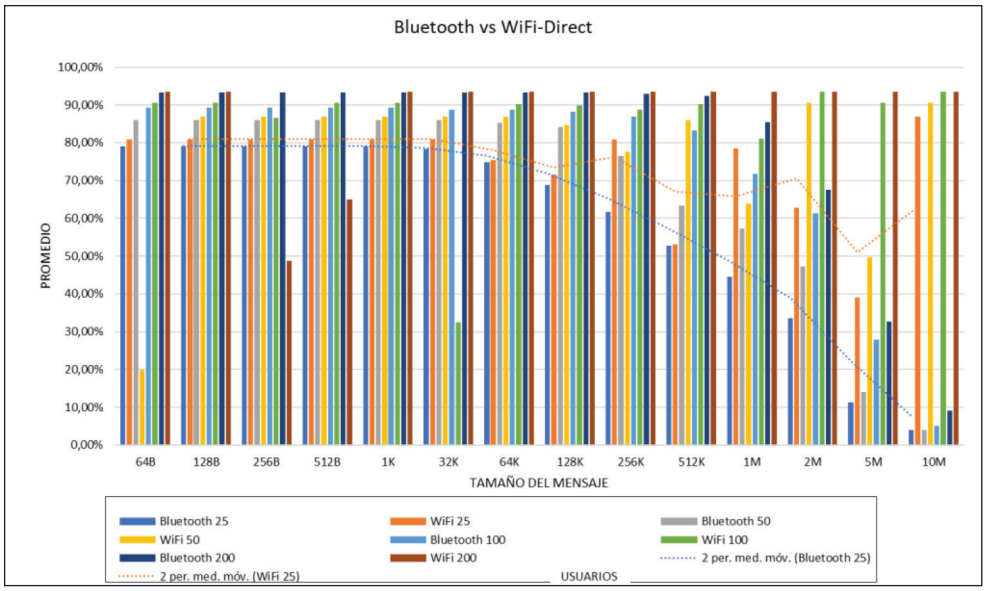


Figura 10 – Probabilidad de entrega de mensajes de WiFi-Direct y Bluetooth.

5. Conclusiones

En este trabajo se presentó a *SOSChat* como un sistema de mensajería para entornos que se podrían considerar como vulnerables al no tener acceso a una infraestructura de telecomunicaciones. La aplicación propuesta soporta la desconexión temporal entre dispositivos, la difusión de mensajes se basa en las redes oportunistas, utilizando las interfaces Bluetooth y WiFi-Direct de los dispositivos. De acuerdo con las pruebas de campo realizadas se evidencia que, a pesar de los avances tecnológicos en las redes inalámbricas, existen factores exógenos que no se pueden controlar, afectando a la transmisión de datos. Los resultados de las simulaciones muestran que el número de usuarios, el rango de transmisión y el tamaño de los mensajes afectan a la difusión de la información. Sin embargo, el despliegue de una red oportunística es una alternativa viable para compartir información a través de mensajes en lugares sin acceso a Internet.

Como trabajo futuro se prevé analizar mecanismos de gestión de memoria y energía para mejorar la entrega de mensajes, optimizando el uso de la batería.

Referencias

Anastasi, G., Conti, M., Passarella, A., & Pelusi, L. (n.d.). *Mobile-relay Forwarding in Opportunistic Networks*. 1–43.

Cabero, J. M., Molina, V., Urteaga, I., Liberal, F., & Martín, J. L. (2014). Acquisition of human traces with Bluetooth technology: Challenges and proposals. *Ad Hoc Networks*, *12*, 2–16. https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2012.05.007

Chancay-Garcia, L., Herrera-Tapia, J., Manzoni, P., Hernandez-Orallo, E., Calafate, C. T., & Cano, J.-C. (2018). Evaluation of Routing Protocols for Opportunistic Networks in Scenarios with High Degree of People Renewal. *2018 IEEE 32nd International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA)*, 228–235. https://doi.org/10.1109/AINA.2018.00044

Dede, J., Förster, A., Hernández-Orallo, E., Herrera-Tapia, J., Kuladinithi, K., Kuppusamy, V., … Vatandas, Z. (2018). Simulating Opportunistic Networks: Survey and Future Directions. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, *20*(2). https://doi.org/10.1109/COMST.2017.2782182

Ferretti, S. (2013). Shaping opportunistic networks. *Computer Communications*, *36*(5), 481–503. https://doi.org/10.1016/j.comcom.2012.12.006

Förster, A., Garg, K., Nguyen, H. A., & Giordano, S. (2012). *On Context Awareness and Social Distance in Human Mobility Traces Categories and Subject Descriptors*. 5–12.

Hernández-Orallo, E., Fernández-Delegido, D., Herrera-Tapia, J., Cano, J.-C., Calafate, C. T., & Manzoni, P. (2016). GRChat : A Contact-based Messaging Application for the Evaluation of Information Diffusion. *INFOCOMP 2016 : The Sixth International Conference on Advanced Communications and Computation*, (c), 32–33.

Hernandez-Orallo, E., Herrera-Tapia, J., Cano, J.-C., Calafate, C. T., & Manzoni, P. (2015). Evaluating the Impact of Data Transfer Time in Contact-Based Messaging Applications. *IEEE Communications Letters*, *19*(10). https://doi.org/10.1109/LCOMM.2015.2472407

Herrera-Tapia, J., Hernandez-Orallo, E., Tomas, A., Manzoni, P., Calafate, C. T., & Cano, J.-C. (2017). Selecting the optimal buffer management for opportunistic networks both in pedestrian and vehicular contexts. *2017 14th IEEE Annual Consumer Communications and Networking Conference, CCNC 2017*. https://doi.org/10.1109/CCNC.2017.7983142

Herrera-Tapia, Jorge, Hernandez-Orallo, E., Manzoni, P., Tomas, A., Calafate, C. T., & Cano, J.-C. (2016). Evaluating the Impact of Data Transfer Time and Mobility Patterns in Opportunistic Networks. *2016 Intl IEEE Conferences on Ubiquitous Intelligence & Computing, Advanced and Trusted Computing, Scalable Computing and Communications, Cloud and Big Data Computing, Internet of People, and Smart World Congress (UIC/ATC/ScalCom/CBDCom/IoP/SmartWorld)*, 25–32. https://doi.org/10.1109/UIC-ATC-ScalCom-CBDCom-IoP-SmartWorld.2016.0027

Herrera-Tapia, Jorge, Hernández-Orallo, E., Tomás, A., Manzoni, P., Calafate, C. T., & Cano, J. C. (2016). Friendly-sharing: Improving the performance of city sensoring through contact-based messaging applications. *Sensors (Switzerland)*, *16*(9). https://doi.org/10.3390/s16091523

Keränen, A. (2009). The ONE Simulator for DTN Protocol Evaluation. *Proceedings of the Second International ICST Conference on Simulation Tools and Techniques*, 55. https://doi.org/10.4108/ICST.SIMUTOOLS2009.5674

Open Garden. (2019). FireChat – Open Garden. Retrieved May 27, 2019, from https://www.opengarden.com/firechat/

Ott, J., Hyytiä, E., Lassila, P., Kangasharju, J., & Santra, S. (2011). Floating content for probabilistic information sharing. *Pervasive and Mobile Computing*, *7*(6), 671–689. https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2011.09.001

Pajevic, L., Karlsson, G., & Helgason, Ó. (n.d.). *Epidemic Content Distribution : Empirical and Analytic Performance*. 335–339.

Pelusi, L., Passarella, A., Conti, M., & Cnr, I. I. T. (2007). Opportunistic Networking : Data Forwarding in Disconnected Mobile Ad Hoc Networks Introduction Realistic Cases Opportunistic Routing / Forwarding Techniques. *Communications*, (November 2006), 134–141.

Thilakarathna, K., Viana, A. C., Seneviratne, A., & Petander, H. (2013). Mobile social networking through friend-to-friend opportunistic content dissemination. *Proceedings of the Fourteenth ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing - MobiHoc '13*, 263. https://doi.org/10.1145/2491288.2491319

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

Recebido/Submission: 24/12/2019
Aceitação/Acceptance: 21/02/2020

Utilización de Máquinas Virtuales en Aplicaciones de Comando y Control con Red de Radio de Combate (C2PC-CNR)

Mayo. Gary A. Panchi G.[1], Mayo. Marco A. Vinueza C.[2], Cbos. Edwin Manzaba[3]

gapanchig@ejercito.mil.ec, mavinuezac@ejercito.mil.ec, edwin05091987@gmail.com

[1] Dirección de Investigación y Desarrollo Militar CC.FF.AA, 170405, Quito, Ecuador.

[2] Dirección de Tecnología de la Información, Comunicaciones y Sistemas de la Fuerza Terrestre, 170405, Quito, Ecuador.

[3] Universidad de Fuerzas Armadas Sede Latacunga, 050102, Latacunga, Ecuador.

Pages: 609–619

Resumen: La herramienta de comando y control que utiliza el Ejército Ecuatoriano, para el monitoreo de operaciones militares a nivel táctico, en las unidades de la frontera norte, esta materializada, por un sistema que integra las radios tácticas Falcón II, con el software C2PC-CNR, programa que se ejecuta en sistema operativo Windows XP, el mismo que dejó de tener soporte técnico el 8 de abril del 2014, por lo que a partir de esa fecha este sistema fue quedando obsoleto. Este hecho, sumado a que las actuales computadoras vienen sin puerto serial, interfaz de comunicaciones que permite la conexión entre la radio y el pc, prácticamente inutilizaba el uso y la inversión realizada en este aplicativo informático. El propósito del presente trabajo es mantener el funcionamiento de este sistema, por lo cual, se utilizó la virtualización, herramienta tecnológica que permite instalar un sistema operativo totalmente independiente del ordenador físico y admite realizar pruebas y configuraciones con la certeza de no afectar al sistema real, de esta manera, se logró recuperar este sistema de mando y control, optimizando los recursos disponibles.

Palabras-clave: C2PC; comando y control; sistemas operativos; radios tácticas; virtualización.

Use of virtual machines in command and control applications with combat net radio network (C2PC-CNR)

Abstract: The command and control tool used by the Ecuadorian Army, for the monitoring of military operations at the tactical level, in the units of the northern border, is materialized, by a system that integrates the Falcon II tactical radios, with the C2PC-CNR software , a program that runs on Windows XP operating system, the same that ceased to have technical support on April 8, 2014, so from that date this system was becoming obsolete. This fact, added to the fact that current computers come without a serial port, a communications interface that allows the connection between the radio and the PC, practically nullified the use and investment made in

this computer application. The purpose of this work is to maintain the operation of this system, therefore, virtualization was used, a technological tool that allows to install an operating system totally independent of the physical computer and admits to perform tests and configurations with the certainty of not affecting the real system In this way, this command and control system was recovered, optimizing the available resources.

Keywords: C2PC; command and control; operative system; tactical radios; virtualization.

1. Introducción

El concepto de comando y control tiene su origen en el ámbito militar y según el Departamento de Defensa de los EE.UU (DoD), se define como "el ejercicio de la autoridad y de la dirección del comandante apropiado sobre las fuerzas que tiene asignadas para el cumplimiento de una misión" (Mayo, 2013).

El Ejército Ecuatoriano utiliza un sistema denominado Comando y Control de Ordenador Personal –Red de Radio de Combate (C2PC-CNR) que permite obtener información sobre el estado del teatro de operaciones, "sirviendo de plataforma de comunicaciones para transmitir órdenes y cualquier otra información que se estime oportuna" (Mayo, 2013). Se puede representar este sistema de comando y control en la figura 1.

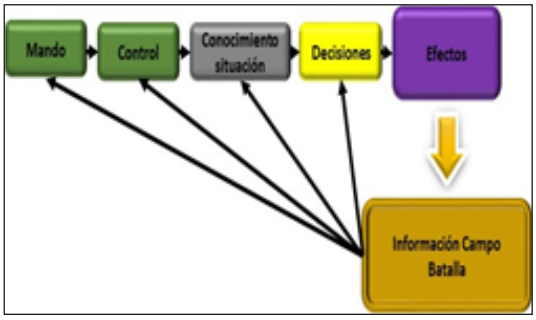


Figura 1 – Estructura Sistema de Mando y Control.

Ciertamente en la actualidad esta herramienta presenta una vulnerabilidad en su seguridad, debido a que este software se ejecuta en el Sistema Operativo (S.O) Windows XP, que como es de conocimiento general, dispuso de soporte técnico hasta abril del 2014, es decir en un S.O descontinuado que lo vuelve sensible a ataques informáticos que distorsionen o accedan a la información existente y agregando el hecho de que las computadoras de escritorio y portátiles actuales ya no vienen con el puerto serial, interfaz física que permite la transferencia de información con la radio, prácticamente anula o pone en riesgo el uso del sistema de mando y control C2PC-CNR, lo que ocasionaría problemas para el monitoreo y control de las operaciones militares en el nivel táctico.

Debido a estas limitaciones que se presentan para el funcionamiento del sistema de Comando y Control, se desarrolló el presente proyecto, que se fundamentó en instalar el software C2PC-CNR en un ambiente virtualizado, que permita el manejo de sus interfaces, puertos, periféricos y componentes, sobre una misma plataforma de hardware, utilizando Windows XP como S.O residente y su módulo Oracle VM Virtual Box, como solución de virtualización

Por tanto el presente trabajo se enfoca en aportar con una solución que permita mantener en funcionamiento y con las seguridades adecuadas este sistema, desplegada en un entorno virtual, independiente de la plataforma de virtualización, y con la utilización del sistema Operativo Windows XP. Contribuyendo de esta manera a:

1. Continuar operando este sistema de mando y control
2. Optimizando el gasto en recurso económico evitando la adquisición de software con costos onerosos
3. Introduciendo herramientas tecnológicas actuales disponibles en temas de seguridad y defensa.

2. Marco Teórico

3.1. Comando y Control

El comando, refiere al ejercicio de la autoridad que un comandante realiza sobre una fuerza armada para el cumplimiento de una tarea o misión encomendada, es el conjunto de acciones y decisiones que permiten al comandante garantizar el empleo adecuado y oportuno de la fuerza.

El control, es propio de la función de los comandantes en sus diferentes niveles, tiene el propósito de identificar novedades y supervisar el cumplimiento de sus órdenes o disposiciones. Comando y control entonces, es el ejercicio de la autoridad y dirección que realiza un comandante sobre sus fuerzas en el cumplimiento de una misión. Los comandantes optimizan las tareas de comandar y controlar mediante sistemas de mando y control.

3.2. C2PC-CNR

Es un software que permite tener un sistema escalable, para el reporte de posicionamiento de una estación de radio, que se monitorea a través de un sistema cliente-servidor. Su uso en el área de operaciones puede ser utilizado como una herramienta para la navegación terrestre, de búsqueda, rescate, control logístico y monitoreo de ejercicios (Northrop Grumman, 2006). Las radios de la red deben estar conectados a un ordenador personal, sobre el cual está ejecutándose el software C2PC-CNR y configurados para que los informes de posición recibidos de las radios Falcón II, sea visualizada de manera automática y correcta, en un mapa, su posición. Uno o más terminales de C2PC-CNR se pueden configurar como puerta de enlace para soportar múltiples terminales, conectadas a través de una Red de Radios o una Red LAN. La Puerta de Enlace realiza el proceso de coordinación de todos los terminales de C2PC-CNR para tener la misma

visualización de la información en la Imagen Operativa Común (C.O.P) y con el Sistema de Administración Táctica (TMS) como se observa en la figura 2.

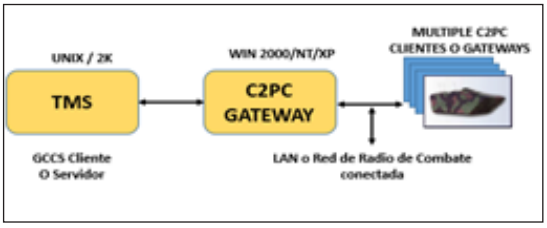


Figura 2 – Arquitectura C2PC

Estos dispositivos son normalmente situados en lugares de mando que le permiten recibir todos los informes de posición y luego actualizar a las radios/clientes conectadas. Este proceso de actualización se realiza mediante paquetes de datos IP (Manual RF-6910-SW002 C2PC-CNR, 2006). Debido a esto, cada radio en la red debe configurarse para soportar voz y tráfico de datos. Este sistema está compuesto de dos componentes: el C2PC-cliente y el C2PC-Puerta de Enlace. El proceso de Puerta de Enlace-C2PC es el de realizar el seguimiento de la información que deben estar ejecutándose para el Cliente-C2PC para compartir actualizaciones en red con otros clientes. El funcionamiento de la puerta enlace-C2PC es transparente para el usuario. Cada estación de trabajo C2PC debe contener un cliente para ejecutar C2PC como indica la figura 3.

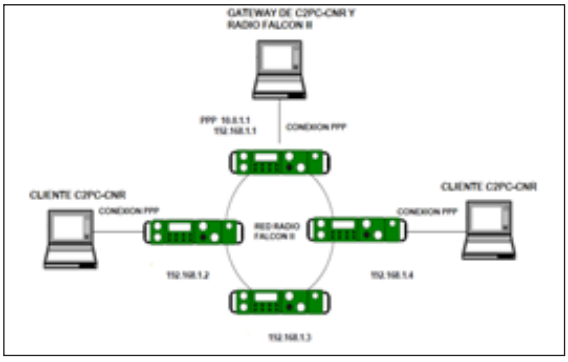


Figura 3 – Red Radio HF Falcón II, con C2PC.

La Puerta de Enlace puede ser ejecutada desde la estación de trabajo que contiene el cliente, o puede estar en un servidor que conecta hasta 512 estaciones de trabajo-cliente. (Northrop Grumman, 2006)

3.3. Imagen Operativa Común (COP)

Es la pantalla de referencia geográfica que aporta una imagen operacional y táctica compartida a todos los niveles de comando con la utilización de cartografía común y la simbología estándar militar (Parks, 2003). La intención de estas visualizaciones es proporcionar análisis con la capacidad de identificar eficazmente, procesar y comprender los elementos de datos críticos de la misión y cuyo único propósito, es el de proporcionar una visualización de todo el campo de operaciones como se muestra en la Figura 4.

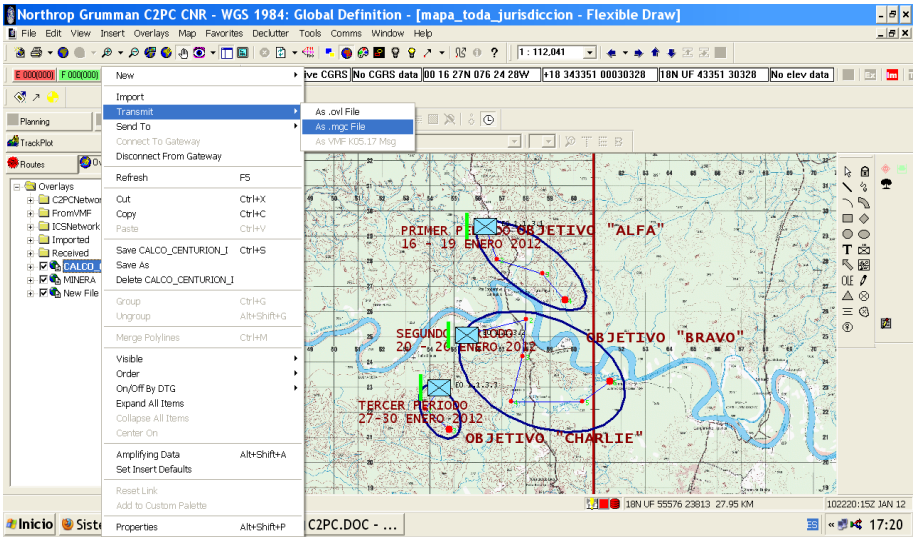


Figura 4 – Pantalla de una COP.

3.4. Máquinas Virtuales

El concepto de máquina virtual surge con el sistema VM/370 de IBM en 1972 (Rubio, 2011). Esta tecnología permite ejecutar varios sistemas operativos simultáneamente sobre el mismo hardware. Este concepto de virtualización no sólo puede ser aplicado a subsistemas como discos, memorias, red sino también a máquinas enteras, permitiendo la optimización de sistemas en cualquier organización, dado que cada máquina virtual es aislada de las demás máquinas virtuales del mismo servidor. Cada una tiene un sistema operativo entero, con su configuración, datos, red. En las tecnologías de la virtualización, se consideran como factores: reducción de costos, mejora el retorno de las TI casi inmediato, uso racional del hardware, mayor eficiencia de los recursos informáticos, mejorando la capacidad de gestión, administración y seguridad de los escritorios virtuales. La virtualización se puede hacer desde un sistema operativo Windows o Linux, o cualquier otra versión que sea compatible con el programa que se utilice, en el que virtualizamos otro sistema operativo o viceversa.

3.5. Virtual Box

Es una solución de virtualización completa para la familia de arquitecturas x86 de 32 y 64 bits (Sotaminga, Guerrero, Abad, 2011). VirtualBox nació con una licencia privada, y ha terminado convirtiéndose en Licencia Pública General (GLP). Se instala en un sistema operativo existente, como una aplicación, mientras los otros S.O invitados, los reconoce como un sistema operativo virtual. VirtualBox puede ser instalado en Windows, Linux y Macintosh y puede emular Windows 98/NT/2000/2003, Server/XP/Vista, Linux (2.4 y 2.6), FreeBSD, OpenBSD, etc.

4. Configuración del Experimento

La integración de la radio táctica con el software C2PC ha permitido disponer a los comandantes de las unidades tácticas de nivel batallón y brigada acantonadas en la frontera norte y sector oriental del Ecuador, de un sistema de mando y control que a contribuido a monitorear las operaciones militares de sus patrullas a través de la visualización de su ubicación georreferenciada en la imagen operativa común, aprovechando su aplicación cartográfica para realizar un seguimiento de su recorrido.

Este sistema está estructurado por puestos de mando, que dispone de una radio táctica como periférico que conectado al equipo de cómputo donde se encuentra ejecutado el software C2PC, procesa y permite la visualización de la información.

Los sensores de este sistema, son las radios tácticas portátiles que transmiten la información desde donde se ejecutan las operaciones militares y permiten también la comunicación; en consecuencia este sistema de mando y control, ha permitido a los comandantes reducir incertidumbres en el área de operaciones, adecuándose a la organización y estructura de estas unidades tácticas, permitiendo el planeamiento centralizado y ejecución descentralizada.

Al ser, por tanto, este sistema un gran apoyo para el mando y control de las operaciones militares en estos sectores, es necesario mantener su funcionamiento asegurando su seguridad y confiabilidad, por lo que para lograr este objetivo se aplicaran herramientas tecnológicas actuales que puedan ser utilizadas en este sistema.

Se instalara en la máquina virtual el S.O Windows XP y el aplicativo C2PC-CNR, esta posible solución permitirá reducir los costos que conllevan la adquisición e instalación de equipos físicos. Las características básicas que debe cumplir, la PC en la que se instalara estos programas para el correcto funcionamiento de esta solución son:

- Mínimo 2 GB de memoria RAM.
- Disco duro de 320 G.
- Procesador con soporte para virtualización.

La figura 5 muestra los elementos que configuran la topología de prueba

Sobre el hardware del equipo anfitrión de máquinas virtuales de la Fig. 5, se encuentra instalado como sistema operativo Windows 7, para hospedar las herramientas de virtualización: Virtual Box 4.0.2.

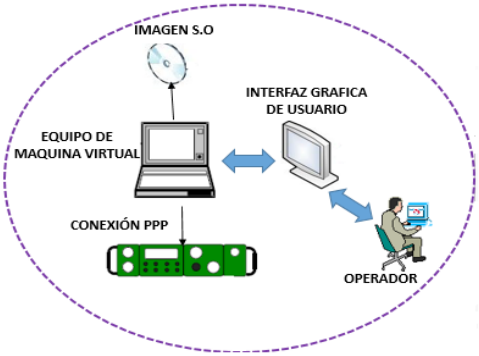


Figura 5 – Topología de Prueba

Se consideró esta herramienta sobre otras, ya que es gratuita, a más de que la máquina virtual creada, no se empleará como un servidor en un entorno de producción, ya que únicamente será utilizada en sitios específicos de la frontera norte del Ecuador donde se requiere el sistema y lo principal, que se tenía una experiencia previa de trabajo en laboratorio de redes, en esa ocasión se configuró un laboratorio virtual con 5 máquinas y se verificó exitosamente protocolos de enrutamiento como OSPF, entre otros, esto dio la pauta para continuar trabajando con Virtual Box.

Con esta herramienta de virtualización se creó la imagen de la máquina virtual requerida, en la cual se configuró el sistema operativo Windows XP profesional con Service Pack 3 (SP3) y C2PC-CNR 6.1. A continuación la Fig. 6 muestra la abstracción del esquema de distribución por capas en el lado del equipo anfitrión, que resume lo indicado.

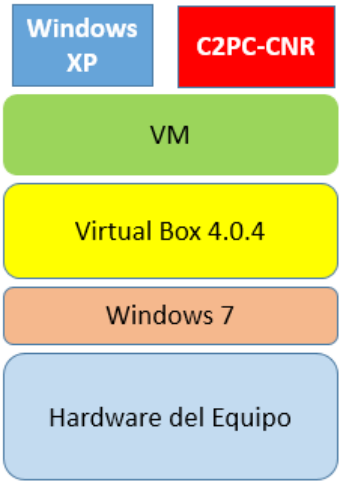


Figura 6 – Distribución de elementos por capas del Equipo Anfitrión.

Realizado este primer paso, instalada la máquina virtual, se procede a configurar e instalar el Software RPA (Radio Programming Aplication, Programa de Aplicación para Radios) que es un aplicativo que permite introducir los planes de frecuencias con las cuales van a trabajar las radios Falcón II en las bandas de HF y VHF como se indica en la figura 7 y que estarán conectadas a la puerta de enlace.

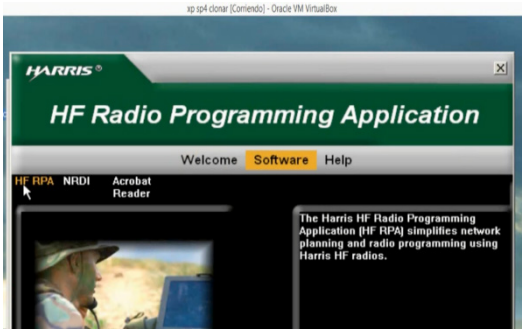


Figura 7 – Instalación RPA.

Instalado este aplicativo procedemos a configurar los puertos en la máquina virtual para cargar el RPA en nuestra puerta de enlace como se observa en la figura 8.

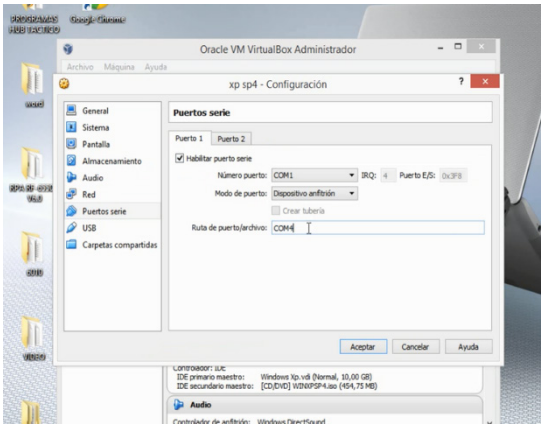


Figura 8 – Configuración Puertos, en la máquina virtual.

La idea general de esta configuración es verificar su correcto funcionamiento en este ambiente, lo cual permitiría prolongar el funcionamiento del C2PC-CNR, sin que se vea afectada su operación por el requerimiento de ejecutarse sobre Windows XP, esto debido a que los equipos de computación que disponían de este sistema informático por su tiempo de vida útil, son reemplazados por nuevos y modernos equipos (PC de

escritorio, laptop, notebooks) que vienen embebidos con modernos S.O (Windows 8, 10) que no prestan las funcionalidades que requiere el sistema de comando y control para su funcionamiento, de esta manera se aprovecha los recursos que presta la virtualización con un bajo impacto en los costos y tiempo para su implementación, materializando las redes de radio como se observa en la figura 9, que permiten al comandante de unidad ejercer su mando y control sobre sus patrullas en el área de operaciones



Figura 9 – Red de Radio Falcón II.

Al mantener en funcionamiento el software C2PC, garantizamos la toma oportuna de decisiones por parte de los comandantes, ya que la visualización de sus elementos de combate en el área de operaciones y la comunicación vía radio, detalla el dispositivo alcanzado y orienta sobre las decisiones a tomar durante la conducción de las operaciones militares.

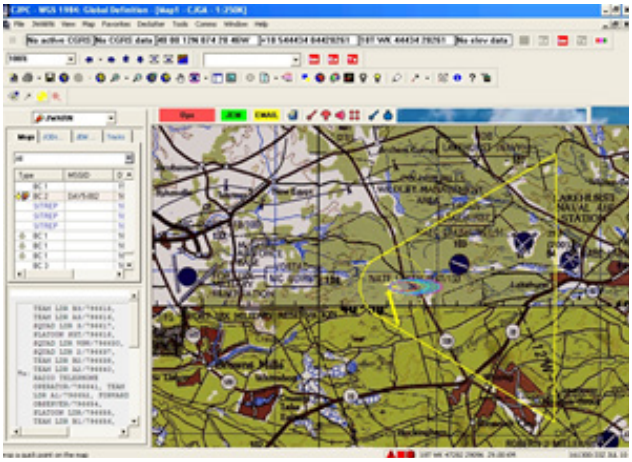


Figura 10 – C2PC Comando y Control

En el ámbito de la ciberseguridad, el instalar programas dentro de una máquina virtual, no conlleva riesgos al ordenador físico. Los equipos destinados al software de

mando y control son específicos para este uso, tampoco se ha considerado ubicar a la máquina virtual en un entorno de producción ya que la necesidad militar es puntual y en un escenario específico, sin embargo, de lo enunciado, en caso de que se requiera colocar en red a la computadora donde está funcionando la máquina virtual, se debe asegurar su paso implementado firewall físicos y lógicos , y disponiendo de un adaptador de red exclusivo para la infraestructura de virtualización que separe el flujo de red de las máquinas virtuales y el equipo físico que la contiene, respaldado de una política de seguridad, en la que, el acceso a la máquina virtual debe estar protegido con contraseña y administrado por una sola persona.

Referente a la seguridad electromagnética, la información de posicionamiento que recibe la radio y se actualiza en el software, está sujeta a las condiciones criptográficas y de salto de frecuencia de los equipos tácticos militares.

5. Resultados

Se obtuvo el funcionamiento adecuado de la red que conforman el sistema C2PC-CNR, los equipos de cómputo y las radios Falcón II en una máquina virtual, permitiendo levantar y mantener el enlace entre el cliente y el servidor, remitiendo el posicionamiento GPS, que se pudo visualizar en la pantalla de la Imagen Operativa Común, informando el dispositivo, ubicación de las equipos de combate en el campo de batalla y manteniendo con los mismos la comunicación por este medio, permitiendo al comandante tomar las decisiones en base a la información disponible quedando en evidencia que la aplicación de la virtualización en esta investigación, permitió prolongar el funcionamiento de un sistemas que se ejecuta en un S.O que se encuentra ya en desuso solventando también un problema de seguridad aprovechando los recursos de hardware y software disponibles que en forma limitada dispone el Ejército Ecuatoriano.

6. Conclusiones y Futuros Trabajos

En esta investigación se utilizaron técnicas de virtualización con el fin de prolongar el funcionamiento de un sistema de comando y control que funciona sobre un S.O que ya no dispone de soporte técnico y puede ser vulnerado afectando la seguridad de las operaciones militares. Para lograrlo, se implementó la topología de prueba que permitió la instalación del sistema operativo y la configuración del aplicativo C2PC-CNR, en una máquina virtual.

Se realizaron las respectivas pruebas que permitieron integrar el equipo informático donde se instala el software de C2PC y las radios Falcón II, evaluando el rendimiento del aplicativo de Comando y Control, en un ambiente virtualizado operando de manera normal.

Como trabajo futuro se proyecta aplicar esta técnica en el HUB táctico, para el manejo de un servidor de VoIP, sobre esta plataforma de hardware.

Referencias

Alberts, D. H. (2006). *CCRP Publication Series*. Obtenido de http://www.dodccrp.org/files/Alberts_UC2.pdf

Connery, J. (2012). *The MITRE Corporation*. Obtenido de http://www.mitre.org/publications/technical-papers/leveraging-virtualization-technology-for-command-and-control-systems-training

Cooks Andrea L, C. K. (Marzo de 2009). *SRA International, Inc*. Obtenido de http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a499855.pdf

Diedrichsen, L. (2000). Obtenido de ProCon Ltd.: http://www.einiras.org/Services/Digital-Library/Publications/Detail/?lng=en&id=729

Fuertes W, V. J. (2011). "Laboratorios de computación multiplataforma aplicando tecnologías de virtualizacion". *XVI Congreso Internacional de Contaduria Administracion e Informatica*. Mexico.

Harris Corp. (DICIEMBRE de 2006). RF-6910-SW002 C2PC-CNR SYSTEM MANUAL. U.S.A.

Mayo, D. (Febrero de 2013). Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/33291/Memoria_Mayo_Diana.pdf?sequence=1

Northrop Grumman. (AGOSTO de 2006). C2PC 6.1 USERS GUIDE.

Parks, E. C. (28 de Agosto de 2003). *The MITRE Corporation* . Obtenido de https://www.mitre.org/sites/default/files/pdf/parks_tws.pdf

Rubio, E. (2011). *"Implementación de Servidores Virtuales en el Departamento de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas"*. Quito, Pichincha, Ecuador: PUCE.

Sotaminga M, G. C. (Junio de 2011). *"Implementación de un ambiente de Virtualización para el manejo de múltiples servidores de VoIP sobre una plataforma común de hardware"*. Guayaquil, Guayas, Ecuador: ESPOL.

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

Recebido/Submission: 18/11/2019
Aceitação/Acceptance: 09/01/2020

Método optimizado basado en algoritmo K-Means como herramienta en la detección de plagio de código fuente

Michal Duracik[1], Mauro Callejas-Cuervo[2], Miroslava Mikusova[1]

michal.duracik@fri.uniza.sk, mikusova@fpedas.uniza.sk, maurocallejas@uptc.edu.co

[1] Universidad de Zilina, Univerzitná 1, 010 26 Zilina, Eslovaquia.

[2] Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Grupo de Investigación en Software, 150003, Tunja, Boyacá, Colombia.

Pages: 620–632

Resumen: El plagio es un problema cada vez más significativo, porque en Internet se encuentra disponible enormes recursos de información. Detectar plagio en el código fuente de proyectos desarrollados por estudiantes en las universidades es aún más difícil, debido a que año tras año se generan un sin número de nuevos proyectos académicos y son pocas las herramientas disponibles que permitan analizar grandes volúmenes de líneas de código. Además, la detección de modo automático consume muchos recursos computacionales y tiempos de ejecución. En este artículo se presenta un método mejorado del algoritmo K-Means, el cual permite dividir las líneas de código en grupos y así ahorrar tiempo y operaciones innecesarias en la búsqueda de coincidencias. Los resultados reportan que el algoritmo fue acelerado sin comprometer su propósito original y se ha logrado una aceleración triple en comparación con la implementación básica sin ninguna optimización.

Palabras-clave: algoritmo K-Means, código fuente, plagio, rendimiento computacional.

Optimized method based on the K-means clustering algorithm as a tool to detect source code plagiarism

Abstract: Plagiarism is a problem of growing significance, as on the Internet there are enormous information resources available. Detecting plagiarism in the source code of projects developed by university students is even more difficult, given that year after year a countless number of new academic projects are generated and there are few tools available that allow for the analysis of large numbers of lines of code. In addition, automatic detection requires the use of many computational resources and consumes a lot of time to execute. This article presents an improved method of the K-means clustering algorithm, which permits the division of lines of code into clusters, thus, saving time and avoiding unnecessary operations in the search for coincidences. The results report that the algorithm was accelerated without

compromising its original purpose and that a triple acceleration was achieved in comparison to the basic implementation without any optimization.

Keywords: K-Means algorithm, source code, plagiarism, computational performance.

1. Introducción

Hoy en día el plagio se produce cada vez con más frecuencia en la vida cotidiana. Con la expansión de las tecnologías de la información y las comunicaciones, es cada vez más fácil acceder a varias fuentes y hacer plagio. Por otro lado, este auge también fomenta el desarrollo de herramientas que puedan detectar tales formas de plagio. El mayor énfasis se está poniendo en el desarrollo de métodos y herramientas para la detección de fraude en documentos tipo texto. Este enfoque es comprensible ya que muchos documentos académicos se crean anualmente en todo el mundo; pero encontrar plagio en el código fuente de aplicaciones informáticas es un área de interés que trae nuevos desafíos.

El problema del plagio y otras formas de hacer fraude ha sido siempre un tema muy debatido (Skalka, 2009). Se encontraron casos en los que se han otorgado títulos académicos y posterior a esto se ha evaluado sus documentos de trabajo de grado o tesis y se ha detectado una alta proporción de coincidencias con otras tesis u otras fuentes de información. Los Sistemas antiplagio o Antiplagiarism System (APS) intenta identificar partes idénticas de documentos. En Eslovaquia se utiliza para este propósito el sistema ANTIPLAG y en Colombia, es común el uso de la herramienta Turnitin.

Este trabajo se centra en optimizar la implementación del algoritmo de agrupamiento K-Means, y en nuestro trabajo ayudó a dividir el código fuente en partes para formar grupos y así ahorrar tiempo en la realización de operaciones innecesarias en la búsqueda de coincidencias largas en el código fuente.

El artículo se organiza de la siguiente, en primera instancia se describen algunas consideraciones generales sobre la temática de la investigación, luego se presenta la propuesta de optimización del algoritmo K-Means, junto con su análisis y evaluación y finalmente se presentan las conclusiones.

2. Plagion en el código fuente

En general, la percepción de plagio en el código fuente no es muy diferente del plagio en documentos tipo texto. Las razones del plagio son las mismas en ambos casos y máxime en esta época de fácil acceso a diversa información gracias a Internet. Desde nuestro punto de vista, el problema del descubrimiento de plagio en el código fuente es que actualmente no hay disponible un sistema o servicio integrado que permitan detectar el plagio a escala global. Como resultado, no hay estadísticas disponibles para describir el nivel de plagio en esta área.

Los sistemas de detección de plagio más utilizados son el *Sistema de Medida de Similitud de Software* (MOSS) de la Universidad de Stanford y el *sistema JPlag* de Alemania, ambos sistemas se crearon hace más de diez años y aún se están desarrollando. Existen otras investigaciones relacionadas con el desarrollo de sistemas de detección de plagio en código fuente en ámbitos generales (Bradshaw & Chindeka, 2020; Aldabbas, 2019;

Ganguly, Jones, Ramírez-de-la-Cruz, Ramírez-de-la-Rosa, & Villatoro-Tello, 2018) y otras en el ámbito académico (Tennyson, 2019; Novak, Joy, & Kermek, 2019; Karnalim, Budi, Toba & Joy, 2019); la mayoría de estas iniciativas son individuales y se podrían colocar a disposición del público en general, como apoyo a la mitigación de este problema. Si queremos utilizar dichos sistemas en el proceso de enseñanza, nos encontramos con un problema grave, ya que el ámbito educativo se caracteriza por el hecho de que todos los años se está generando una gran cantidad de nuevos datos, la cual necesita ser comprobada año-año, y por lo tanto es necesario introducir algún tipo de análisis incremental de estos datos, ya que así se está realizado y con éxito, en los APS textual.

2.1. Deficiencias de los métodos actuales.

Los métodos utilizados usualmente para detectar plagio en el código fuente se han desarrollado junto con métodos para documentos de texto desde el siglo pasado. En el caso de documentos textuales, el desarrollo progresa con métodos más avanzados que se basan en el aprendizaje automático profundo para detectar plagio (Rakian, Safi & Rastegari, 2015) y los sistemas grandes integran estos métodos.

Durante el estudio de dicha problemática se ha encontrado algunas deficiencias:

- Obsolescencia.
- Sistemas cerrados (sin código abierto).
- Proceso complejo de evaluación del plagio.
- Incapacidad para utilizar o no una gran base de información.

Estas deficiencias pueden ser el resultado del hecho de que fueron diseñadas para detectar plagio dentro de un pequeño grupo de archivos de código fuente.

2.2. Propuesta de un nuevo método.

A continuación, se describe el método propuesto el cual permite buscar plagio en grandes volúmenes de códigos fuente y mostrar sus componentes. En la Figura 1, se esquematiza dicha propuesta.

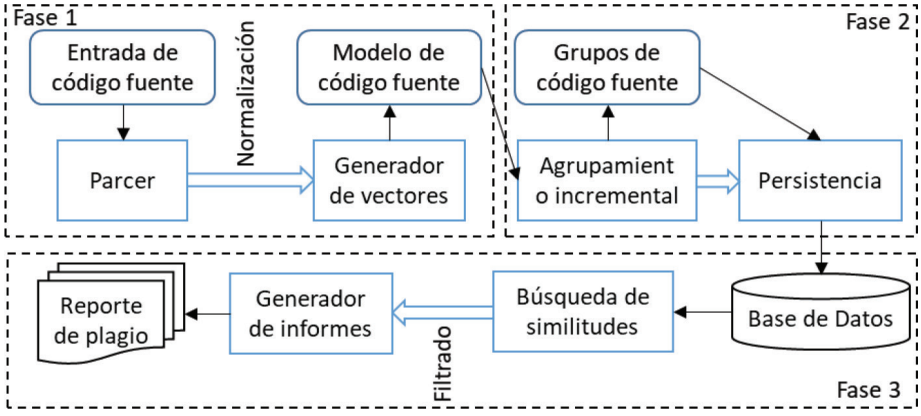


Figura 1 – Diagrama de componentes de un nuevo método de búsqueda de plagio

La principal ventaja del método propuesto es su modularidad porque se divide en 3 fases, cada una de las cuales consta de dos algoritmos. Las fases son las siguientes:

1. Procesamiento y representación del código fuente.
2. Agrupación y persistencia de datos.
3. Búsqueda de similitudes y creación de un informe.

En la primera fase, se implementan algoritmos para procesar el código fuente y crear un modelo en forma de árbol sintáctico; esto es específico para cada lenguaje de programación que se desee procesar. La segunda fase agrupa algoritmos que transforman el árbol de sintaxis en una estructura adecuada para su posterior procesamiento. Elegimos vectores característicos como una forma adecuada para la representación del código fuente. Entre el procesamiento y la vectorización, podemos incluir algoritmos que normalizarán el árbol de sintaxis, lo que permite detectar plagio incluso en el caso de trucos de APS de uso común (Tao, Guowei, Hu & Baojiang, 2013; Zhao, Xia, Fu & Cui, 2015). En esta misma fase, se realiza el agrupamiento de vectores similares, para esto se utiliza el algoritmo K-Means, que está ligeramente modificado para los fines perseguidos con esta investigación. El resultado de esta fase son datos listos para ser almacenados en una base de datos que permita posteriormente una forma eficiente de búsqueda. El objetivo de la agrupación es, además de preparar previamente los datos para la búsqueda, una cierta distribución lógica de los datos en grupos relacionados. Dicha distribución permite una mejor escalabilidad de todo el método. La última fase trata de obtener coincidencias individuales de la base de datos y su evaluación. En esta etapa, antes de generar el informe, un filtro sencillo de identidad puede ser utilizado para hacer los informes más fáciles de leer.

Las fases son casi independientes entre sí, el único elemento del que dependen es el formato de los datos transferidos entre fases. Un modelo de código fuente procesado, representado por vectores característicos, se transmite entre la primera y la segunda fase y una base de datos de vectores es una interfaz entre las fases 2 y 3. Tal separación de datos nos brinda más oportunidades para escalar todo el método. Una descripción detallada de las fases y otros aspectos relevantes se puede encontrar en los textos relacionados en trabajos anteriores (Duracik, Krsak, & Hrkut, 2017a; Duracik, Krsak, & Hrkut, 2017b; Duracik, Krsak, & Hrkut, 2018a; Duracik, Krsak, & Hrkut, 2018b; Duracik, Krsak, & Hrkut, 2018c; Duracik, 2019; Duracik, Krsak, & Hrkut, 2019). En este artículo, nos centraremos en los aspectos de una efectiva implementación de agrupación y una optimización de su desempeño.

3. Métodos de optimización sugeridos para la aplicación del algoritmo K-Means

La agrupación generalmente se usa para reunir diferentes muestras de datos en grupos y/o en el campo de minería de datos. En nuestro caso queremos usar la agrupación como una herramienta de clasificación previa de vectores, que luego nos permite simplificar la búsqueda de vectores similares. El conjunto de datos de entrada se divide en dos grupos: conjunto de entrenamiento o formación y el conjunto de control. El conjunto de entrenamiento se utiliza para crear grupos y los datos del conjunto de control verifican

la precisión de esta clasificación. Uno de los propósitos de nuestro trabajo se centró en diseñar un método de agrupación que permitiera agregar datos nuevos de forma gradual y mantener los grupos en una óptima configuración.

3.1. Eficiencia de la complejidad computacional del algoritmo K-means

El algoritmo básico de K-Means en su especificación solo describe las ideas principales, pero no las formas de implementación efectiva. Si queremos usar este algoritmo en nuestro método, necesitamos diseñar e implementar varias mejoras que incrementen la eficiencia del algoritmo. En la mayoría de los casos se trata de mejorar la fase inicial del algoritmo (encontrar los primeros centros (Celebi, Hassan, & Vela, 2013; Pena, Lozano & Larranaga, 1999), que es el punto de partida para tales intentos. En otros casos, la distribución inicial es importante porque una mejor distribución, acelera el algoritmo y puede eliminar el problema de soluciones subóptimas donde el algoritmo cae a un mínimo local (Selim Shokri & Mohamed, 1984). En nuestra investigación decidimos no centrarnos en los casos anteriores, sino que se realiza sólo al principio del algoritmo y los centros están siendo recalculado en su ejecución. Este cálculo se basa en el estado anterior y no es necesario reiniciar los clústeres nuevamente. El algoritmo K-Means, es relativamente simple, razón por la cual hay algunos aspectos que se pueden mejorar. Nuestro análisis mostró que la parte más ineficaz es la asignación de vectores a las agrupaciones ya que este tipo de operación tiene complejidad de $O(n * k)$, donde n es el número de vectores y k es el número de grupos. Para cada combinación de conglomerados de vectores debe calcularse la distancia, y el cálculo de la distancia euclidiana para vectores de longitud 162 también lleva algún tiempo.

En esta sección, nos centraremos en optimizar la segunda parte del algoritmo K-Means porque esta parte se ejecuta con mucha frecuencia. Nosotros sugerimos mejorar el algoritmo en los siguientes puntos:

- Añadir paralelización.
- Mejorar la estructura lógica del algoritmo.
- Mejorar las técnicas de implementación.
- Preprocesar los datos de entrada.

A continuación, se detallan los puntos mencionados. Al final, evaluaremos las técnicas sugeridas y compararemos la velocidad del algoritmo antes y después de la aplicación de esta técnica.

3.2. Paralelización del algoritmo

Una de las técnicas básicas de la aceleración de algoritmos es su paralelización. En la iteración 1, podemos encontrar varios métodos que intentan paralelizar el algoritmo K-Means (Zhao, Huifang & Qing, 2009; Stoffel & Abdelkader, 1999). En nuestro trabajo decidimos explorar e implementar algunos métodos básicos de paralelización.

En general, una paralelización de algoritmos no es una tarea trivial (Wolf & Lam, 1991). El objetivo principal es utilizar la mayor parte de la potencia informática disponible de la CPU. En la implementación básica del algoritmo, observamos un 25% de uso de la CPU durante la ejecución (Ejemplo 1, Figura 2) porque la prueba se ejecutó en un

procesador que tenía 2 núcleos hiperprocesados. Dada la gran dimensión de los datos de entrada y la frecuencia de las operaciones de cálculo de distancia, decidimos primero paralelizar el cálculo de distancia euclidiana. Dividimos los vectores de entrada en varios grupos y calculamos las distancias de estas partes en paralelo y finalmente, combinamos los resultados parciales. Este principio se conoce generalmente como *MapReduce*. Utilizamos el mismo enfoque mediante el cálculo de nuevos centros de clúster, donde calculamos los elementos individuales del centro resultante en paralelo (Ejemplo 2 de la Figura 2), este método utilizó casi todos los recursos disponibles en la CPU, pero conlleva costos generales considerables; por ejemplo, la gestión de subprocesos (a través de los cuales se ha implementado la paralelización), la sincronización y otros aspectos no permiten la plena utilización de las capacidades de paralelización y la cantidad de potencia informática que consume el sistema operativo. Algunos enfoques pueden reducir parcialmente esta sobrecarga al usar el grupo de *trabajadores de subprocesos* que elimina la sobrecarga de la administración de recursos. Aunque este enfoque utilizó al máximo los recursos informáticos disponibles, el beneficio que obtuvimos fue menor que la sobrecarga adicional del sistema operativo.



Figura 2 – Utilización de la CPU durante los métodos de paralelización

Con base en estos resultados creamos nuestra propuesta final de paralelización en un nivel superior del algoritmo. Paralelamente, la operación de asignar vectores a grupos como el primer paso. Las asignaciones individuales son independientes entre sí, por lo que podemos realizar esta operación en paralelo. Al principio dividimos un conjunto de vectores que podemos asignar a n grupos (n es igual al número de núcleos de CPU disponibles) y luego realizamos la asignación de vectores en paralelo. Al implementar, se debe tener en cuenta en cómo se realiza la operación de asignación, ya que puede requerir cierto grado de sincronización. En el segundo paso dividimos los grupos en n y luego calculamos los centros para los grupos individuales en paralelo. Igual que en el caso anterior, los grupos son independientes entre sí, por lo que este enfoque no debería causar ningún problema de sincronización. Como se puede ver en el Ejemplo 3 de la Figura 2, este enfoque no alcanza el 100% de utilización de los recursos informáticos disponibles. Este problema es causado por un tamaño de clúster desigual, por lo que algunos grupos de clústeres se calculan más rápido que otros. La solución podría ser una inclusión más inteligente de los grupos en subgrupos o utilizar un enfoque en el que el cálculo de cada grupo representaría una tarea separada, y estas tareas se planificarían en función de la disponibilidad actual de recursos informáticos. Por otra parte, nuestros resultados muestran que las mejoras de rendimiento que utilizan este enfoque son mínimos, pero el aumento de complejidad de la implementación es significativo.

3.3. Heurística para la agrupación de vectores.

A continuación, se detalla cómo se puede acelerar la fase de asignación de vectores a grupos. Según el análisis de los cálculos de tiempo de ejecución, descubrimos que hasta el 68% del tiempo dedicado a la agrupación de vectores toma cálculos de distancia. Otro interesante resultado fue que, a excepción de un número insignificante de pasos iniciales, el 99% de los vectores permanecen en el mismo clúster. A pesar de este hecho, el algoritmo debe calcular la distancia a todos los demás centros, lo que cuesta mucho tiempo de computación.

Para resolver este problema, propusimos una modificación que eliminará las operaciones innecesarias de cálculo de distancia, el cual se muestra en el Algoritmo 1.

```
1: function K_Means(V : vector list, k : int, C : list of clusters): list of clusters
2:     repeat
3:         change ← 0
4:         m ← {}
5:         for all cluster c in C do
6:             m(c) ← Sort(Distance(c, C_j)), ∀ j∈{1..k} ∧ C_j != c)
7:         end for
8:         for all vector v in V do
9:              c ← LastCluster(v)
10:             dToLast ← Distance(v, c)
11:             c ← Min(Distance(v, b), dToLast), ∀ b∈m(c)∧Distance(v, m(c))<2*dToLast
12:             Assign(v,c)
13:         end for
14:         for all cluster c in C do
15:            change ← change + Recalculate(c)
16:         end for
17:    while change > 0
18:    return C
19: end function
```

Algoritmo 1 – Algoritmo para reducir el número de cálculos de distancia vectorial

Al comienzo de cada paso, el algoritmo modificado calcula una matriz de distancias entre el grupo y asigna a cada grupo una lista de pares: distancia y el otro grupo, ordenados por distancia de forma ascendente. Gracias a esto, podemos saber para cada grupo qué tan lejos están los otros grupos. Usaremos esta lista en el procedimiento de asignación de vectores, así: para cada vector, primero calculamos la distancia al clúster original (indicado como *dToLast* en el algoritmo), entonces secuencialmente itera a través de la lista de los grupos más cercanos de la agrupación donde el vector era original, hasta que la distancia entre los grupos es mayor que *2*dToLa*st. Durante esta iteración, comprobamos la distancia del vector a otro grupo, y si es necesario, actualizamos la distancia menor.

Podemos calcular cuántas operaciones de cálculo de distancia se guardan. Donde k denota el número de grupos y n el número de vectores. En nuestra implementación propuesta,

solo se requieren cálculos para la matriz de la distancia entre grupos. Se necesitan otros *n* cálculos para encontrar las distancias a los centros de los grupos originales (esto se puede reducir recordando la distancia original y usándola si el centro del grupo no ha cambiado). La última parte para ser contada es el número medio de grupos (denotada por *x*), que debe ser examinada cerca del clúster original. Según nuestras mediciones para el conjunto de datos probado, este valor fue igual a 3.2., el cual es menor que el original.

3.4. Eficiencia de implementación

Además de la optimización mencionada anteriormente en un nivel superior, también examinamos la optimización de los detalles específicos de implementación del algoritmo dependiendo del lenguaje de programación y el hardware físico. Nuestro algoritmo se implementó en el lenguaje de programación *C#*. Este lenguaje de programación es de alto nivel y no permite afectar directamente las operaciones que el hardware realiza físicamente. Además, no podemos configurar directamente el compilador para usar, por ejemplo, instrucciones vectoriales.

La implementación inicial del algoritmo utilizó varios LINQ. Como ejemplo, podemos usar el zip[2] método para calcular la distancia euclidiana. Cuando reemplazamos este método con un bucle esto ligeramente acelera el algoritmo. Se utilizó un enfoque similar para calcular los centros y la sustitución de la expresión de un bucle sencillo y esto también aceleró ligeramente el algoritmo. Sin embargo, estos cambios trajeron una aceleración solo en un pequeño porcentaje.

El análisis mostró aún otra manera de acelerar el algoritmo de cálculo de los centros. El algoritmo de cálculo original (Algoritmo 2), calculó cada componente del vector por separado, esto puede no parecer un problema a primera vista, pero cuando nos damos cuenta de cómo un único vector se almacena en la memoria, es una cuestión crítica, ya que el algoritmo debe cargar una gran cantidad de datos de la memoria operativa en el procesador para el cálculo de cada componente.

```
1: mean ← [sizeof(vector)]
2: for i in 1..sizeof(vector) do
3:     mean(i) ← average(v(i))∀ v ∈ V
4: end for
```

Algoritmo 2 – El algoritmo para el cálculo de nuevos centros de clúster

Además de eso, los procesadores actuales usan la memoria caché de forma masiva e incluyen varias técnicas para preparar los datos que puedan necesitar en el futuro (*captación previa de la CPU*). Puesto que los vectores se almacenan en lugares al azar en la memoria, la CPU no puede predecir qué datos necesita, y el procesamiento se hace más lento ya que se debe leer los datos de la memoria RAM. Para mejorar este comportamiento, modificamos el algoritmo para calcular el promedio de todos los componentes del vector a la vez. Aunque este enfoque tiene el mismo número de operaciones que el anterior, los resultados muestran que es un poco más rápido.

```
1: mean ← [sizeof(vector)]
2: for all vector v in V do
3:     for i in 1..sizeof(vector) do
4:         mean(i) ← mean(i) + v(i)
5:     end for
6: end for
7: mean(i) ← mean(i) / count(V) ∀i ∈ {1..sizeof(vector)]}
```

Algoritmo 3 – El algoritmo más eficiente para calcular centros de clúster

Si analizamos por qué esta versión del algoritmo es más eficiente, encontraremos que esta versión utiliza el caché de la CPU y la captación previamente mencionada, de manera más efectiva. Acceder al caché de la CPU es mucho más rápido que acceder a los datos en la RAM. Otra razón es que la CPU está cargando datos de la memoria, en bloques de su memoria caché, por lo que cuando intentamos acceder a un componente del vector, hay una buena posibilidad de que el componente ya esté en la memoria caché. Además, este enfoque secuencial (paso a paso a través de todos los componentes del vector) también facilita la predicción de la captación previa de la CPU, que prepara los datos que se necesitarán en el futuro. Como hemos visto, la correcta aplicación de los algoritmos y la utilización de cachés de la CPU pueden a menudo ayuda a acelerar los algoritmos sin modificar su funcionamiento.

3.5. Reducción del tamaño de los datos

Hasta ahora, hemos descrito métodos de optimización que se centraron en mejorar los algoritmos o su implementación. Ninguno de estos métodos ha tenido algún efecto sobre el "output" del algoritmo. En este apartado describiremos un enfoque ligeramente diferente para aumentar la efectividad.

En Duracik, Krsak & Hrkut (2019), discutimos la selección de elementos adecuados para la indexación. Se ha demostrado que nuestros vectores contienen muchos componentes dependientes cuya eliminación haría que el algoritmo sea más eficiente. Como esta tarea es más compleja, no la trataremos directamente en esta sección. En cambio, mostraremos que incluso si reducimos el número de vectores, la razón principal del uso de la agrupación no se verá afectada.

La primera opción que veremos es la eliminación de vectores largos. Dado que nuestro algoritmo no limita la longitud máxima de los vectores generados, a menudo sucede que los vectores creados cubren todo el código fuente. No tiene sentido comparar tales vectores porque siempre serán demasiado específicos, y es más eficiente comparar las partes más pequeñas del código fuente y luego combinar estas partes más pequeñas en otras más grandes. Es importante agregar que al eliminar algunos vectores largos no perdemos casi información del código fuente, ya que dichos vectores siempre se han formado uniendo los más pequeños, y estos vectores más pequeños cubren casi todo el código fuente. La pregunta clave es: ¿cómo determinar la longitud máxima del vector?, Con base en nuestros experimentos, hemos fijado este valor en 250.

La segunda opción para hacer que la agrupación sea más eficiente es reducir la dimensión de los vectores. Consideramos dos enfoques para reducir el número de componentes. En el primer enfoque, decidimos eliminar cualquier componente que tenga una baja entropía, ya que de todos modos no nos ayudarán a buscar vectores. Y en el segundo enfoque, se seleccionaron los componentes en función de su frecuencia; entonces decidimos usar el segundo enfoque. Con base en el conjunto de datos probados, se eliminaron 80 componentes que ocurrieron en menos del 0.1% de los vectores. Sin embargo, en este enfoque propuesto, es importante darse cuenta de que la eliminación de los 80 componentes se aplica solo a la fase de agrupamiento. Trabajaremos con los vectores originales en otros algoritmos (especialmente al buscar coincidencias).

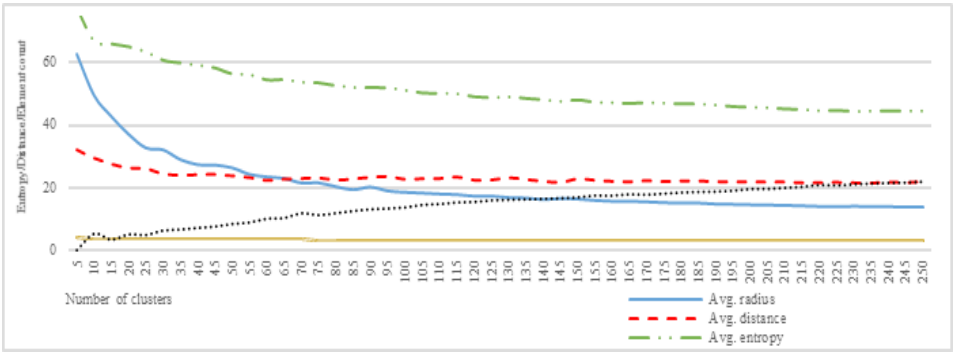


Figura 3 – Características seleccionadas de clusters usando vectores simplificados

Como puede verse en la Figura 3, las características individuales se comportan de manera similar al método de agrupamiento, donde todos los vectores se han utilizado (sin reducir). La única diferencia está en los valores absolutos, donde la entropía promedio es menor en un 25-30%. La distancia mínima promedio es aproximadamente un 50% más baja, que fue causada por la eliminación de los componentes "sobresalientes" del vector. Otras características también han disminuido, pero su disminución no es tan significativa. Con base en estos resultados podemos decir que los grupos creados son más pequeños y más compactos. No evaluamos el efecto de esta reducción en la eficiencia de búsqueda de plagio, ya que no depende de manera crítica de la forma de agrupamiento. Por otro lado, podemos decir que reducir la cantidad de datos acelerará el proceso de agrupación.

3.6. Evaluación experimental

En este apartado evaluamos el efecto de los enfoques de optimización individuales en la velocidad resultante del algoritmo K-Means. Todos los valores de tiempo presentados se basan en un promedio de 5 mediciones usando datos de la base de datos de prueba. La inicialización de los grupos fue la misma para cada uno de los casos medidos. No medimos la inicialización y la asignación inicial de vectores a grupos. En la medición,

examinamos la duración promedio de un ciclo del algoritmo, lo que significa asignar vectores a grupos y un recalculo de los centros. Establecemos el número de grupos en 100. Cada medición adicional también incluye el uso de técnicas de la fase anterior. La configuración del sistema en el que se realizaron las mediciones fue la siguiente:

- CPU Intel Core I5 6200U,
- 16 GB de RAM,
- Disco duro SSD.

	Inserción de vectores	Cálculo de centros	Distancia	Total
Versión original	153,6	1.7	-	155,3
Paralización agregada	49,9	1.1	-	51,0
Heurística para asignación de vectores	16,3	1.1	-	17.4
Implementación de optimización	5.1	0.1	-	5.2

Tabla 1 – Comparación de velocidad computacional del algoritmo K-Means (en segundos)

4. Conclusiones

La optimización del algoritmo es a menudo muy importante cuando se crean sistemas con grandes volúmenes de datos. En este caso, el algoritmo se aceleró sin comprometer su propósito original, tal como lo muestran los resultados de la tabla 1, en donde las modificaciones han logrado una aceleración triple en comparación con la implementación básica sin ninguna optimización.

La implementación del sistema reveló que el componente más importante del sistema será la base de datos, aunque inicialmente sea necesaria alguna potencia para calcular "clusters" a partir de los datos iniciales. Y durante la ejecución del sistema, el componente principal usará una base de datos donde se almacenan los vectores para una configuración de clúster dada y la base de datos se usará para buscar coincidencias de código fuente.

Tal diseño del sistema, junto con el hecho de que la necesidad de "re-clusterización" disminuye a medida que aumenta la cantidad de datos, permitirá que el sistema utilice los recursos informáticos de manera efectiva. Como ya se mencionó, en el funcionamiento normal del sistema solo será necesario ejecutar la base de datos, y si es necesario volver a realizar "re-clusterización", esto agregará temporalmente potencia de cálculo.

Referencias

Aldabbas, H. (2019). An IoT based framework for students' interaction and plagiarism detection in programming assignments. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 97(18), 4723-4737. Retreived from: http://www.jatit.org/volumes/Vol97No18/1Vol97No18.pdf.

Bradshaw, K. & Chindeka, V. (2020). Detecting similarity in multi-procedure student programs using only static code structure. *Communications in Computer and Information Science*, (pp. 211-226). Switzerland: Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-030-35629-3_14.

Celebi, M. E., Hassan, A. K., & Vela, A. (2013). A comparative study of efficient initialization methods for the k-means clustering algorithm. *Expert systems with applications,* 40(1), 200-210.

Duracik, M. (2019). Semi-automatic identification of non-significant source code parts using clustering. *Mathematics in science and technologies: proceedings of the MIST conference 2019*, (pp. 17-21). Slovakia: Slovak Mathematical Society.

Duracik, M., Krsak, E. & Hrkut, P. (2017)a. Using concepts of text based plagiarism detection in source code plagiarism analysis. *Plagiarism across Europe and beyond 2017: conference proceedings*. (pp. 177-186). Brno, Mendel University. Retrieved from: https://plagiarism.pefka.mendelu.cz/files/proceedings17.pdf.

Duracik, M., Krsak, E. & Hrkut, P. (2017)b. Current trends in source code analysis, plagiarism detection and issues of analysis big datasets. *Procedia Engineering*, 192(1), 136-141. doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.024.

Duracik, M., Krsak, E. & Hrkut, P. (2018)a: Source code representations for plagiarism detection. Learning Technology for Education Challenges. LTEC 2018. Communications in Computer and Information Science, vol 870. (pp. 61-69). 1. Ed, Cham: Springer International Publishing AG.

Duracik, M., Krsak, E. & Hrkut, P. (2018)b: Issues with the detection of plagiarism in programming courses on a larger scale. *Proceedings 16th IEEE International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications*. (pp. 141-147). New Jersey: Institute of Electrical and Electronics Engineers. doi: 10.1109/iceta.2018.8572260

Duracik, M., Krsak, E. & Hrkut, P. (2018)c. Scalable source code plagiarism detection using source code vectors clustering. *Proceedings of 2018 IEEE 9th International Conference on Software Engineering and Service Science*. (pp. 499-502). Institute of Electrical and Electronics Engineers. doi: 10.1109/icsess.2018.8663708.

Duracik, M., Krsak, E. & Hrkut, P. (2019). Searching source code fragments using incremental clustering. In Geoffrey C. Fox and David W. Walker. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*. Retreived from: https://doi.org/10.1002/cpe.5416.

Ganguly, D., Jones, G.J.F., Ramírez-de-la-Cruz, A., Ramírez-de-la-Rosa, G. & Villatoro-Tello, E. (2018). Retrieving and classifying instances of source code plagiarism. *Information Retrieval Journal*, 21 (1). 1-23. DOI: 10.1007/s10791-017-9313-y.

Karnalim, O., Budi, S., Toba, H. & Joy, M. (2019). Source code plagiarism detection in academia with information Retrieval: Dataset and the observation. *Informatics in Education*, 18 (2), 321-344. DOI: 10.15388/infedu.2019.15.

Novak, M., Joy, M. & Kermek, D. (2019). Source-code similarity detection and detection tools used in academia: A systematic review. *ACM Transactions on Computing Education*, 19 (3), art. No. A27. DOI: 10.1145/3313290.

Pena, J. M., Lozano, J. A. & Larranaga, P. (1999). An empirical comparison of four initialization methods for the k-means algorithm. *Pattern recognition letters*, 20(10), 1027-1040. doi: https://doi.org/10.1016/S0167-8655(99)00069-0.

Rakian, S., Safi, E. F. & Rastegari, H. (2015). A Persian fuzzy plagiarism detection approach. *Journal of Information systems and telecommunication*, 3(11), 182-190. doi: 10.7508/jist.2015.03.007.

Selim Shokri, Z. & Mohamed, A. I. (1984). K-means-type algorithms: A generalized convergence theorem and characterization of local optimality. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 6(1), 81-87. doi: 10.1109/tpami.1984.4767478.

Skalka, J. (2009). *Prevencia a odhaľovanie plagiátorstva*. (Zber prác za účelom obmedzenia porušovania autorských práv v kvalifikačných prácach na vysokých školách), Fakulta prírodných vied, Univerzita konštatnína filozofa v Nitre, Nitra.

Stoffel, K. & Abdelkader, B. (1999). Parallel k/h-means clustering for large data sets. *European Conference on Parallel Processing*. *Lecture Notes in Computer Science*, vol 1685, (pp. 1451-1454). Berlin, Germany: Springer. doi.org/10.1007/3-540-48311-X_205.

Tao, G., Guowei, D., Hu, Q. & Baojiang, C. (2013). Improved plagiarism detection algorithm based on abstract syntax tree. *Proceedings of the 2013 Fourth International Conference on Emerging Intelligent Data and Web Technologies*,(pp. 714-718). Washington, USA, IEEE Computer Society.

Tennyson, M.F. (2019). ASAP: A Source Code Authorship Program. *International Journal on Software Tools for Technology Transfer*, 21(4), 471-484. DOI: 10.1007/s10009-019-00517-3.

Wolf, M. E. & Lam, M. S. (1991). A loop transformation theory and an algorithm to maximize parallelism. *IEEE transactions on parallel and distributed systems*, 2(4), 452-471. doi: 10.1109/71.97902.

Zhao, J., Xia, K., Fu, Y. & Cui, B. (2015). An AST-based code plagiarism detection algorithm. *10th International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications*, (pp. 178-182). Krakow, Poland: IEEE Computer Society. doi: 10.1109/BWCCA.2015.52.

Zhao, W., Huifang, M. & Qing, H. (2009). Parallel k-means clustering based on mapreduce. *IEEE International Conference on Cloud Computing*, (pp. 674-679). Berlin, Germany: Springer. doi.org/10.1007/978-3-642-10665-1_71.

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

Recebido/Submission: 16/12/2019
Aceitação/Acceptance: 10/02/2020

¿Es estática la concentración espacial del lugar de origen de los cadetes en las Carreras Aeronáuticas Militares o muestra una tendencia a lo largo del tiempo?

Marcos Sánchez Calderón[1], Chirstian Paredes Illanes[2], Daniel Palacios Gallardo[1], Dayanara Ocampo Guillin[1], Erick Yacelga Aguinaga[1], Lessly Vargas Angueta[1], Leonardo Cabrera Chamba[1]

mgsanchez7@ese.edu.ec, cxparedesi@uce.edu.ec, depalacios2@espe.edu.ec, dgocampo@espe.edu.ec, ejyacelga@espe.edu.ec, lnvargas@espe.edu.ec, ljcabrera2@espe.edu.ec

[1] Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Sangolquí, 170501, Pichincha, Ecuador.

[2] Universidad Central del Ecuador, Quito, 170136, Pichincha, Ecuador.

Pages: 633–649

Resumen: En este artículo se intenta demostrar la existencia de una configuración espacial de los cadetes que se graduaron en las Carreras Aeronáuticas Militares. La información estadística proviene de la Escuela Superior Militar de Aviación, Secretaría nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, y Registro Civil, periodo 2001–2019, y se toma a la provincia como unidad espacial de análisis. La herramienta informática MapChart permitió realizar comparaciones geoespaciales y para calcular predicciones, periodo 2020–2023, se aplicó un análisis de series de tiempo. El principal resultado revela que la mayor parte de la población estudiantil proviene de la región Sierra, pero con una marcada tendencia descendente, y de manera inversa se estima que los cadetes que provienen de la región Costa irán incrementándose a futuro. Se evidencia una diferenciación social sobre la oferta educativa que maneja la Fuerza Aérea Ecuatoriana a escala nacional, siendo necesario promover una reconsideración institucional sobre mecanismos de selección más incluyentes y potencializar los canales de comunicación.

Palabras-clave: Concentración; ESMA; Cadetes; Geoespacial; Series de Tiempo.

Is the spatial concentration of the cadets' place of origin in the Military Air Races static or does it show a trend over time?

Abstract: This article attempts to demonstrate the existence of a spatial configuration of the cadets who graduated from the Military Aeronautical Careers. The statistical information comes from the Military Aviation School Superiory, National Secretariat for Higher education, Science, Technology and Innovation and Civil Registry, period 2001-2019, and is taken the province as the spatial unit of analysis. The computer tool MapChart allowed geospatial comparisons and to

calculate predictions, period 2020-2023, a time series analysis was applied. The main result reveals that most of the student population comes from the Sierra region, but with a marked downward trend, and conversely it is estimated that the cadets coming from the Costa region will increase in the future. There is evidence of a social differentiation in the educational offer managed by the Ecuadorian Air Force at the national level, and it is necessary to promote an institutional reconsideration of more inclusive selection mechanisms and to strengthen communication channels.

Keywords: Concentration; ESMA; Cadets; Geospatial; Time Series.

1. Introducción

En esta sección se comentan algunos datos referenciales del tema investigado.

1.1. Antecedentes históricos y legales

El Ecuador es uno de los diecisiete países mega diversos del mundo y al mismo tiempo está ubicado en la región –América Latina– considerada como la más desigual del mundo (CEPAL, 2017). Actualmente existe 17 millones 233 mil ecuatorianos aproximadamente (ONU DAES, 2019), de los cuales más del 95% de los niños –5 a 14 años– están matriculados en establecimientos de enseñanza de nivel básico, y más del 64% de los adolescentes –14 a 17 años– están registrados en establecimientos de enseñanza de nivel medio, según datos del INEC (2018).

Antes de analizar el nivel superior, es necesario señalar los preceptos legales que forman parte del ordenamiento jurídico estatal: la Constitución de la República del Ecuador, en el artículo 356 establece que la educación superior pública será gratuita hasta el tercer nivel (Asamblea Nacional, 2008); la Ley Orgánica de Educación Superior (LOES), artículo 11, literal g, determina que es responsabilidad del Estado Central "Garantizar la gratuidad de la educación superior pública hasta el tercer nivel" (Asamblea Nacional, 2010); y específicamente al referirse a las instituciones educativas que son administradas por las Fuerzas Armadas (FF.AA), Policía Nacional, Comisión de Tránsito del Guayas y Aviación Civil, la gratuidad se cumple gracias a un acuerdo suscrito entre los ministerios de Defensa y Educación, normado en la Disposición Transitoria Octava de la Ley Orgánica de Educación Intercultural (LOEI) (Ministerio de Defensa Nacional, 2019).

Para el proceso de reclutamiento de los aspirantes a cadetes de la Escuela Superior Militar de Aviación "Cosme Rennella Barbatto" (ESMA), según el Ministerio de Defensa Nacional, se debe cumplir con lo dispuesto en el Reglamento a la Ley de Personal de Fuerzas Armadas, artículo 13, en donde se establece que cualquier joven ecuatoriano libre y voluntariamente puede participar en el proceso de reclutamiento, y que las calificaciones le permitirán o no ser parte de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (FAE).

Por mencionar un ejemplo, para el año 2017 la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT, 2019) registró 125.163 cupos en las Instituciones de Educación Superior (IES), de los cuales 3.328 correspondieron a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, y en ese mismo año ingresaron 60 aspirantes a la ESMA según los registros de la FAE (2019).

1.2. Revisión de la literatura

Identificada la población objetivo, se ha recopilado información del Cuerpo de Cadetes de la ESMA sobre los estudiantes que se graduaron, período 2001–2019, para estructurar una *serie de tiempo* que permita demostrar dos hipótesis: a) la asignación de cupos para ingresar a la ESMA se ha concentrado históricamente en pocas provincias ocasionando que se incumpla el sentido de masificación de la educación superior; y b) las comparaciones geoespaciales y predicciones muestran tendencias en el comportamiento de los datos recopilados.

Para abordar el análisis del primer tema, es necesario indicar que la primera gestación y desarrollo de software geoespaciales se remonta a mediados de los años sesenta del siglo XX en el Canadian Geographic Information System, que tuvo como objetivo gestionar la información sobre los bosques y superficies marginales de Canadá; a nivel académico el término *geomática* tuvo su origen en Canadá, específicamente en la provincia de Quebec, en 1986 la Universidad Laval oferto el primer programa de Ingeniería Geomática a nivel mundial.

"Al hablar de análisis geoespacial se puede pensar en procesos muy complejos, pero en realidad es una opción para interpretar información con componentes geográficos de una forma práctica, apoyándose en herramientas tecnológicas como los sistemas de información geográfica" (Muñoz, 2013, pág. 1). Autores como Zanek & López (2017) explican que los modelos territoriales proporcionan una novedosa herramienta de gestión de la información, solo con analizar un mapa se llega a conclusiones evidentes, mostrando las provincias o regiones que están mejor y peor atendidas. Esta visión de utilizar una región como unidad de análisis tiene como propósito diseñar estrategias de política pública, con carácter espacial, que promueva la reactivación económica de una región o, en todo caso que trate de aminorar las divergencias inter e intra regiones (Merchand, 2007).

Autores como Escobar, Holguin, & Kaffure (2016, pág. 8) comentan que "existe cuatro elementos determinantes en el desarrollo regional: las infraestructuras, la localización de actividades, la aglomeración y estructura de asentamientos y, la estructura económica sectorial." En este sentido, existen estudios sobre geografía económica que han analizado como las regiones se geo–referencian a un rasgo, es decir, comparten un carácter en común que les hace homogénea; las *actividades educativas* tienen una tendencia a la aglomeración espacial y al desequilibrio distributivo al localizarse exclusivamente en regiones de urbanización masiva, siendo necesario comprender los mecanismos espaciales que causan el retraso y los que impulsan el desarrollo para, a continuación, delimitar unidades espaciales de intervención dotadas de contenido y coherencia (Léa, 2014).

En este estudio se utiliza como unidad de análisis a cada *provincia* y como herramienta informática el software gratuito *MapChart*, la información recogida permite realizar comparaciones geoespaciales para resaltar los cambios del lugar de origen de los cadetes – provincia donde termino la educación secundaria– durante el período de estudio.

El segundo tema es un complemento al primero, y se analiza el comportamiento de la serie número de graduados 2001–2019; Levin & Rubin (2004, pág. 677) comentan que existe tres razones por las cuales resulta útil estudiar la tendencia: describir un patrón histórico, proyectar tendencias pasadas hacia el futuro, y eliminar el componente de la tendencia,

Para Villegas, Lozano, & De Santiago (2014, pág. 1) "la proyección de matrícula es una metodología útil para pronosticar el flujo educativo de cualquier institución educativa que apoye a la toma de decisiones", en este contexto, autores como Yopán & Alvardo (2015) comentan que los análisis de series de tiempo son ampliamente usados en el estudio de fenómenos naturales (temperatura, humedad, velocidad del viento), y en economía se los utiliza para calcular la proyección poblacional e incremento de matrícula universitaria. Asimismo, Bonilla (2015) utiliza en su estudio un modelo probabilístico de regresión hacer futuras proyecciones de las tasas de graduación de cohortes de estudiantes, lo que permite mejorar su planificación estratégica para mejorar la tasa de graduación institucional a mediano y largo plazo.

En este estudio se optó por analizar el número de graduados antes que los matriculados, debido al alto porcentaje de deserciones (más del 30% en promedio) que tienen los cadetes en su exigente formación académica y militar, por citar un ejemplo: en la promoción LXV (cohorte 2012–2015), ingresaron 69 aspirantes y se graduaron 42 cadetes. Y para obtener una proyección de graduados, período 2020–2023, se aplica el método cuantitativo de *análisis de series de tiempo*, esta información en esencial para que los departamentos involucrados en el reclutamiento y formación integral de los cadetes tengan tiempo suficiente para el desarrollo de estrategias.

El esquema del artículo está compuesto de los siguientes apartados: en *primer lugar,* se ofrece una breve revisión de la literatura empírica a manera de introducción; en el *segundo apartado* se describe la metodología aplicada; el *tercer apartado* presenta el resultado de las comparaciones espaciales, período 2001–2019, y las predicciones realizadas para el cuatrienio 2020–2023; para *finalizar* se presenta las conclusiones y reflexiones finales del estudio.

2. Metodología y herramientas

Formalmente el término geomática está compuesto por dos ramas Geo = Tierra y Matica = Informática, es decir, el estudio de la superficie terrestre a través del tratamiento automático de la información. Según Vásquez (2009) la Geomática, también llamada información espacial o geoespacial, emplea un método sistemático que integra las mediciones, el análisis, el manejo, el almacenamiento y el despliegue de descripciones y localizaciones de datos geoespaciales o terrestres para el apoyo de actividades científicas, administrativas y legales tendientes todas ellas a una mejor calidad de vida.

Pullar & Egenhofer (1988) indican que existen diferentes tipos de relaciones espaciales: direccional, topológica, de distancia, difusa y comparativa; la más útil posiblemente es la última, ya que mediante comparaciones se pueden establecer relaciones entre todas las combinaciones posibles de entidades geográficas.

Para el manejo de este tipo de información se emplean software geoespacial, conocidos como Sistema de Información Geográfica (SIG), los que han ido evolucionando y perfeccionándose y se los puede utilizar en prácticamente cualquier campo, actualmente han experimentado una progresiva integración de sistemas ráster y vectoriales debido al desarrollo de herramientas de programación de tipo visual basadas en la metodología orientadas a objetos. Las aplicaciones más recientes de los softwares SIG son la integración a sistemas de soporte de decisiones, como es la divulgación de cartografía

e información geográfica, conocidos como sistemas de sobremesa (Márquez, Quintana, Pérez, & Araya, 2012).

El costo es uno de sus principales condicionantes debido a los diversos componentes que lo integran (personal capacitado, datos espaciales y descriptivos, métodos analíticos, hardware, software), por este motivo en los últimos años ha existido una proliferación de software SIG de código libre. Debido a que la presente investigación es de tipo fundamental o básica se opto por utilizar un software libre y se escogió a MapChart que presta una gran simplicidad de aplicación y facilidad de adaptación a la información que se quiere mostrar (Voorrips, 2002).

Considerando lo comentado en este apartado, para el presente estudio se utiliza la *metodología de análisis espacial*, como primer paso se define la unidad espacial de análisis, habiéndose escogido a cada provincia conforme la división político–administrativa del país; en trabajos como los de Pablo & Muñoz (2009) se comenta que el nivel de correlación entre las variables tiende a alcanzar sus máximos cuando se utilizan la división por provincias. A continuación, se organiza la información recopilada por cohortes y se computa la participación porcentual del lugar de origen o residencia habitual de los cadetes; en el tercer paso, se calcula el promedio simple cada cuatro años – periodo de formación para obtener el título de Licenciado (3er nivel) en la Carreras Aeronáutica (FAE, 2019) –; y finalmente se incorpora esta información a los mapas.

Adicionalmente, se aplica el enfoque metodológico propuesto por Morales, Aparicio, Barber, & Mayoral (2013), catedráticos de la Universitas Miguel Hernández, para *analizar series de tiempo* y determinar patrones de conducta en datos recolectados a través del tiempo, estos patrones proyectados permiten obtener estimaciones para el futuro.

Según Levin & Rubin (2004, pág. 675) una serie de tiempo posee los siguientes componentes básicos: la tendencia, la variación estacional, la variación cíclica, y la variación irregular. La expresión matemática de esta relación en su forma más general es la siguiente:

$$Y_t \approx T_t \sim E_t \sim C_t \sim I_t \tag{1}$$

La primera actividad consiste en identificar el *tipo de estructura* de la serie –aditiva o multiplicativa–, y a continuación se calcula el coeficiente de variación de las diferencias (cvd) y de los cocientes (cvc), se prefiere el que presente menor valor, el estadístico seleccionado proporciona indicios sobre el modelo adecuado para explicar la relación entre tendencia y estacionalidad, las ecuaciones [2] y [3] permiten aislar estos dos componentes:

Modelo Aditivo - cvd $$Y_t = T_t + E_t + I_t;\ Y_t - T_t = E_t + I_t;\ Y_t^* = Y_t - T_t \tag{2}$$

Modelo Multiplicativo - cvc $$Y_t = T_t^* E_t^* I_t;\ Y_t / T_t = E_t^* I_t;\ Y_t^* = Y_t / T_t \tag{3}$$

Como tercer paso se construye un *modelo de tendencia* de la serie cronológica para conseguir una buena aproximación, se utiliza medias móviles (MM) que consiste en transformar la serie original en una nueva serie que se re–calcula a través de promedios

de observaciones consecutivas. Como ejemplo una media móvil de orden 3 tendrá la siguiente expresión matemática:

$$T_t = MM_{3,t} = (Y_{t-1} + Y_t + Y_{t+1}) / 3 \quad (4)$$

La observación en el instante Y_t se promedia con la que tiene por delante (Y_{t-1}) y por detrás (Y_{t+1}), así la nueva serie está conformada por promedios 3 a 3, y en consecuencia "el método del promedio móvil simplemente suaviza las fluctuaciones de la información" (Lind, Marchal, & Mascon, 2004).

Las MM tienen como limitación que no permiten estudiar la evolución futura de la serie, siendo necesario modelizar la tendencia con un modelo analítico, sea este lineal, parabólico o exponencial. Para seleccionar el modelo que mejor ajuste la predicción de la tendencia se debe revisar el coeficiente de determinación R^2, "entre más cerca esté de 1, mejor será el ajuste." (Gujarati & Porter, 2010, pág. 84). Los modelos que se usan con más frecuencia son:

$$Lineal: T_t = a + b * t \quad (5)$$

$$Parabola: T_t = a + b * t + c * t^2 \quad (6)$$

$$Exponencial: T_t = a * e^{b*t} \quad (7)$$

Una vez definido el modelo de tendencia es necesario diseñar el *modelo de estacionalidad*, al momento de eliminar la tendencia de la serie original queda aislado el componente estacional y el análisis se torna más objetivo, en esta nueva serie se tiene que hallar un efecto común para cada instante que compone el período, por ejemplo: para todos los primeros trimestres, para todos los segundos años, etc.; en este estudio se calculan valores promedios para cada año por cuatrienio –período de formación de los cadetes– que se los considera como factores constantes, estos efectos se les conoce como *índices de estacionalidad* y permitirán predecir el número de graduados que tendrá la ESMA en el período 2020–2023.

Por último, se debe revisar el componente irregular, para aislarlo se puede dividir los datos originales entre los datos predichos y sobre esta nueva serie se revisa si ha quedado algo pendiente de explicar.

3. Resultados

En este estudio se utiliza como fuentes estadísticas información recopilada de la ESMA, Senescyt (Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación) y Registro Civil, la muestra seleccionada está compuesta por 642 cadetes graduados en el período 2001–2019. En la promoción LII (cohorte 1998–2001) se registró al mayor número de graduados, con 52 cadetes, mientras que la más baja fue en la promoción LVII (cohorte 2004–2007), con 16 graduados. Véase el Apéndice I para los graduados por año y provincia.

Como resultado del estudio, se presenta mapas del territorio ecuatoriano dividido por provincias (Figura 1), se les ha incorporado información sobre las provincias donde

terminaron la educación secundaria los cadetes y una escala cromática para resaltar las diferencias cuantitativas entre las provincias.

En el mapa (a) de la Figura 1 se aprecia que en el cuatrienio 2001–2004 los graduados de la ESMA procedieron en su mayor parte de la región Sierra, 82%, prevaleciendo la provincia de Pichincha con el 49% y muy por atrás aparecen el resto de provincias. Para el cuatrienio 2016–2019 (Figura 1–b) se evidencia una diversificación de la procedencia de los cadetes, Pichincha bajo al 33% y aumentaron su participación las provincias de Guayas, Manabí, Loja y las ubicadas en la región Oriental. Tal vez este cambio de comportamiento se debe a la entrada en vigencia de la Constitución de la República del Ecuador del 2008, donde se estableció la gratuidad hasta el tercer nivel de educación.

En la Figura 2 se proporciona una visión geoespacial por regiones, donde se observa las importantes diferencias existentes entre ellas, la región Sierra mantiene una alta concentración con tendencia a la baja, mientras que existe un incremento persistente de los aspirantes provenientes de las otras regiones, Costa y Oriente. Esta comparación pone de manifiesto de forma intuitiva que la proporcionalidad del lugar de origen de los cadetes no es homogénea en el país, demostrándose la existencia de concentración estudiantil en ciertas provincias de la región sierra durante el período 2001–2019.

a) 2001-2004 b) 2016-2019

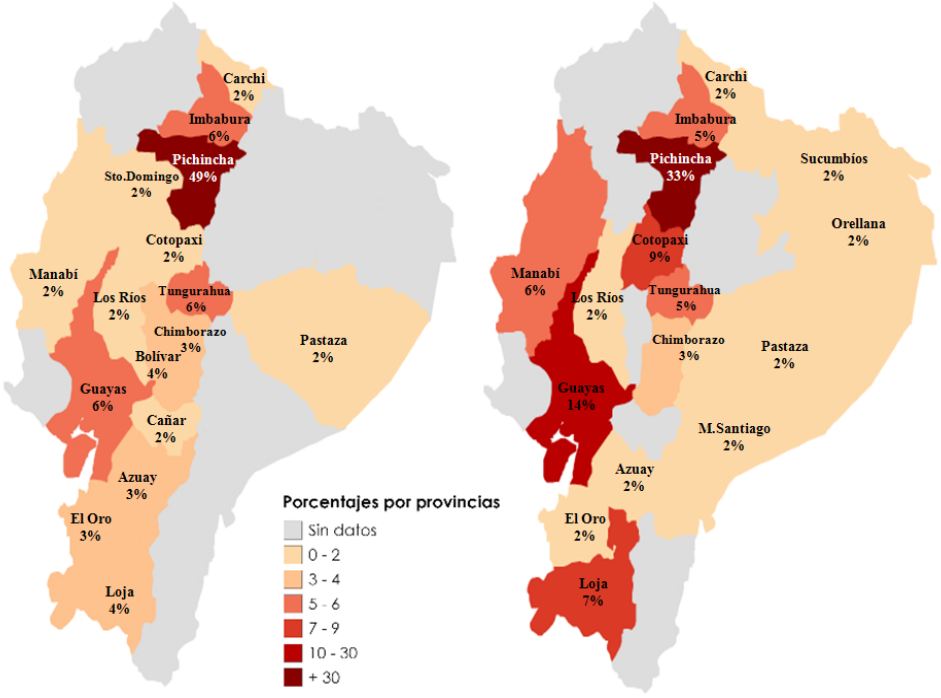


Figura 1 – Distribución espacial de la población estudiantil en la ESMA por provincias

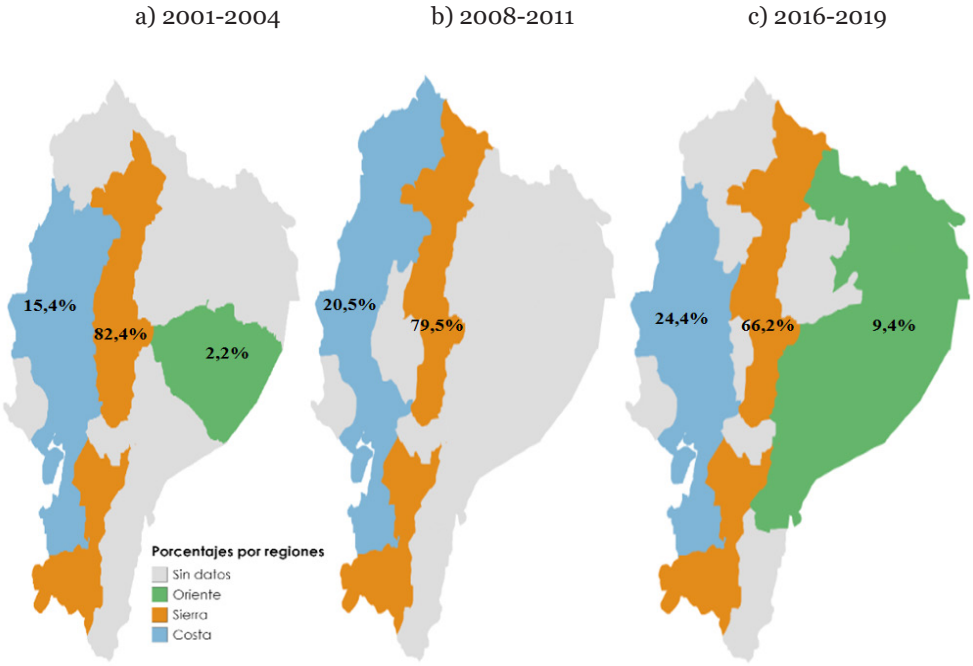


Figura 2 – Distribución espacial de la población estudiantil en la ESMA por regiones

Para enriquecer la evidencia gráfica revelada anteriormente, se realiza un *análisis de series de tiempo*, en la Figura 3 se aprecia que la serie original del número de graduados –línea azul– muestra una tendencia ascendente, al calcular MM de orden 4 y 5 –líneas café y verde– la serie se suaviza siendo un síntoma de la presencia de componentes estacional y cíclico, se vuelve necesario aislar estos componentes para realizar predicciones sobre el número de graduados para el período 2020–2023.

Se separa la serie original de graduados por regiones –Sierra y Costa– para que el análisis sea más objetivo y focalizar su comportamiento. Se excluye la región Oriente dada su contribución marginal. Ver el Apéndice II para los cálculos de las predicciones computadas por regiones.

La Figura 4 muestra tres modelos de predicción para las regiones sierra (a) y costa (b), el polinomial –línea café– presenta una proyección claramente a la baja y alejado de lo que se espera del comportamiento de las series según las últimas observaciones, el exponencial –línea purpura– y lineal –línea verde– a pesar que no captan la tendencia real son más conservadores. A la hora de elegir entre uno y otro modelo se escoge el *lineal* por ser el más sensato en base a la extrapolación a futuro que se pretende conseguir y por la simplicidad de cálculo.

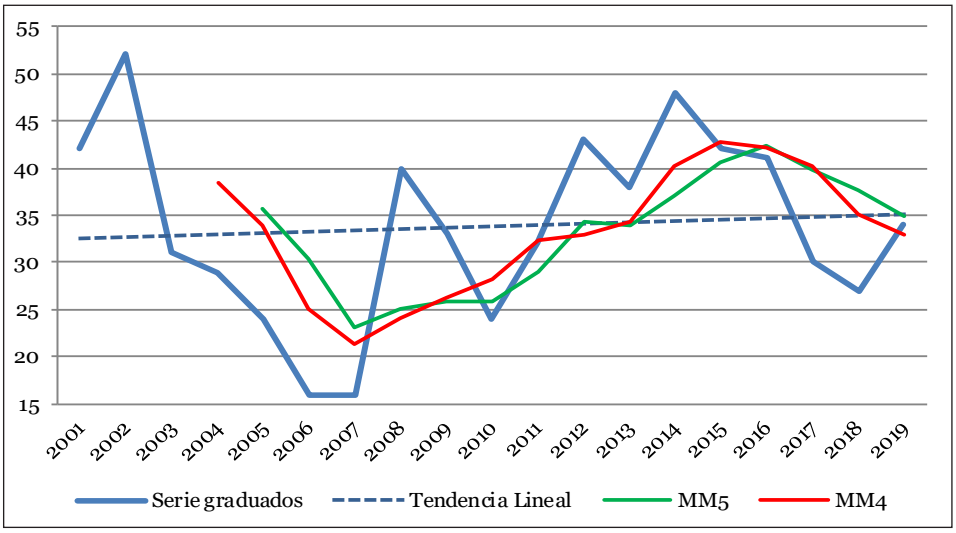


Figura 3 – Comportamiento de la serie original, 2001-2019

a) Región Sierra

b) Región Costa

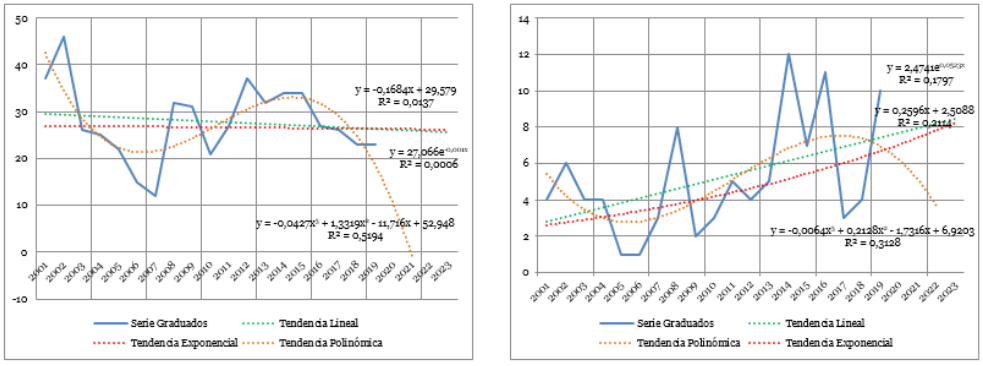


Figura 4 – Comportamiento modelos de predicción por regiones

Para obtener la tendencia lineal se aplica el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), Sánchez & Lazo (2018) comentan que esta metodología es comúnmente utilizada en el contexto de corte transversal siempre que la dependiente sea una variable continua sin ninguna limitación o censura. Al aplicar la función matemática [5] se puede

reproducir el comportamiento de los valores originales en función del tiempo (*t*), donde *a* y *b* son cantidades desconocidas que se deben obtener para establecer la tendencia.

El estadístico R^2 al ser una medida de bondad del modelo respalda la selección del mismo, pero en este caso todos los modelos presentan valores de R^2 bajos, es decir no son significativos. A pesar que esta limitación se continúa con el análisis debido a que las series sobre registros históricos de los cadetes presentan grandes ascensos y descensos –picos– en la secuencia que se manifiestan de forma irregular. Gujarati & Porter (2010) explican que por lo general se observan valores bajos de R^2 en datos transversales con un gran número de observaciones.

Una vez seleccionado el modelo se calcula el coeficiente de variación, en la Tabla 1 se aprecia que para las dos regiones el cvc es menor que el cvd, por lo tanto, las observaciones responden a un modelo multiplicativo y, en consecuencia, se tiene que multiplicar los efectos de tendencia y estacionalidad.

A continuación, se aplica la ecuación [3] para quitar la tendencia de las series; se calcula MM según el período de estacionalidad detectado anteriormente, de orden 4 para la región sierra y de orden 5 para la región costa, sobre estas nuevas series se calcula el índice de estacionalidad y finalmente se obtiene la predicción del número de cadetes que posiblemente se graduaran en el periodo 2020–2023.

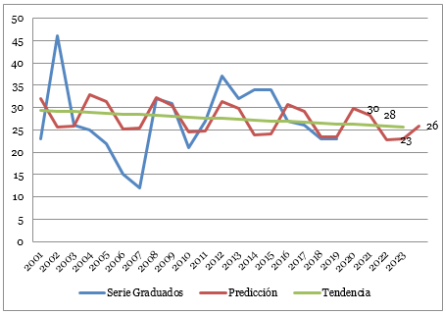
	Región Sierra		**Región Costa**	
Estadístico	Estructura Aditiva	Estructura Multiplicativa	Estructura Aditiva	Estructura Multiplicativa
Promedio	-	1,0793	0,3333	1,3450
Desviación típica	9,7809	0,4952	3,9299	0,8256
Coeficiente de variación	∞	0,4588	11,7898	0,6138

Tabla 1 – Coeficiente de variación por regiones

En la Figura 5 se muestran de manera conjunta las predicciones –línea café– junto con las observaciones originales –línea azul–, las que siguen a la tendencia ajustada –línea verde–. Se aprecia claramente que el comportamiento cíclico se replica en las predicciones, debido principalmente por la característica irregular de las series examinadas, sin embargo, en la mayor parte del período se captan los efectos estacionales.

Se demuestra que el número de cadetes que provienen de la región Sierra exhiben una tendencia descendente, lo que significa que los graduados de este sector irán disminuyendo en el futuro, y de manera inversa los cadetes que provienen de la región Costa muestran un incremento persistente, es decir, se prevé que irán aumentando en las próximas promociones.

a) Región Sierra



b) Región Costa

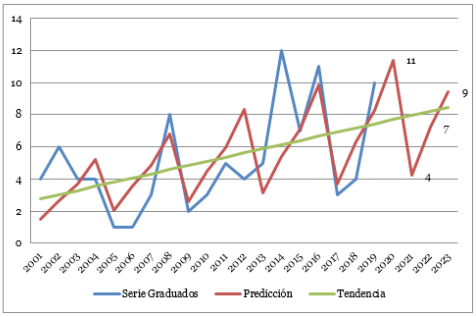


Figura 5 – Predicción por regiones 2020-2023

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

El resultado que se obtuvo al comparar la población estudiantil durante el período 2001–2019 aporta evidencia de una persistente disparidad entre regiones. Mediante la propuesta metodológica planteada en este estudio se confrontaron mapas de forma simple y práctica entre diferentes instantes de tiempo, identificando claramente las provincias que tienen mayor y menor número de cadetes en la ESMA.

La comparación espacial expuesta pone de manifiesto de forma intuitiva que la proporcionalidad del lugar de origen de los cadetes no es homogénea en el país, al parecer los entornos urbanizados de la región Sierra –ciudades capitales de provincia– cuentan con medios o recursos, como canales de comunicación y entorno institucional del estado, que las otras provincias no disponen o son ineficientes.

La asignación de cupos para ingresar a la ESMA está concentrada en pocas provincias, el sentido de masificación (entendida como democratización del acceso) de la educación superior no es plenamente sostenible dada la polarización regional demostrada. La provincia de Pichincha aporta con el mayor número de cadetes, manteniendo una hegemonía durante el período de análisis, sin embargo, a partir del año 2008 cuando se estable la gratuidad de la educación superior se ha experimentado una dispersión hacia otras provincias como Guayas, Manabí, Loja y las ubicadas en la región Oriental.

Complementariamente, al aplicar la metodología de series de tiempo se evidencia patrones de conducta a través del tiempo en la serie número de graduados, el estudio permite identificar la presencia de componentes tendencial, estacional y cíclico, este último es persistente y está presente en las predicciones realizadas para el período 2020–2023.

Las proyecciones muestran que en un futuro irán disminuyendo los cadetes que provienen de la región Sierra y esos cupos serán cubiertos por estudiantes de la región Costa.

La situación de rezago que experimentan algunas provincias del país advierte que las oportunidades de escolaridad superior en la ESMA es cuestión de una minoría y por tanto la escuela funcionando como un espacio que reproduce la diferenciación social.

4.2. Recomendaciones

Estudios como los de este tipo permiten sacar a relucir temas que antes no se tenía oportunidad de hacerlo visible, como es el promover una reconsideración institucional sobre los mecanismos de selección y potencializar los canales de comunicación sobre la oferta educativa que maneja la FAE a escala nacional, si no se toman correctivos que reduzcan la desigualdad que persiste se seguirá reproduciendo este comportamiento y los factores concurrentes.

La toma de decisiones apoyada en información estadística y geoespacial oportuna y adecuada facilita los procesos de planificación articulada a nivel nacional, regional y local. En este contexto, para realizar una planeación adecuada el presupuesto de la FAE podría respaldarse en las predicciones sobre los cadetes que se graduaran.

Se vuelve necesario diseñar estrategias de política pública, con carácter espacial, que promueva la reactivación educativa y económica de una región o, en todo caso que trate de aminorar las divergencias inter e intra regiones.

Para finalizar, y a pesar que la metodología aplicada en este estudio permite llegar a conclusiones bastante probables, quedan algunas preguntas pendientes de respuesta que podrían justificar futuros trabajos de investigación. Por ejemplo, replicar el estudio para las otras ramas de las fuerzas armadas o realizar comparaciones con países vecinos, utilizar a los municipios como unidad de datos espacial, y explorar el capital cultural con el que ingresan los aspirantes a cadetes.

Referencias

Asamblea Nacional. (20 de 10 de 2008). Constitución de la República del Ecuador. Quito, Pichincha, Ecuador: Registro Oficial 449.

Asamblea Nacional. (12 de 10 de 2010). Ley Orgánica de Educación Superior . Quito, Pichincha, Sierra: Registro Oficial.

Bonilla, J. (2015). Primera aproximación de un modelo de regresión para proyectar futuras tasas de graduación de cohortes de nuevo ingreso a la Universidad de Puero Rico en Aguadilla: Un estudio exploratorio. *Icono*, 1-14.

CEPAL. (8 de 6 de 2017). *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. Obtenido de https://www.cepal.org/es/comunicados/cepal-pese-avances-recientes-america-latina-sigue-siendo-la-region-mas-desigual-mundo

Escobar, D., Holguin, J., & Kaffure, C. (2016). Análisis de la ubicación geoespacial de las instituciones educativas del Departamento de Caldas (Colombia) y su relación con las características operativas de la red vial. *Revista Espacios*, 8.

FAE. (19 de 6 de 2019). *Ingresa a la Fuerza Aérea Ecuatoriana*. Obtenido de Perfil del Aspirante a Oficial de Arma y Técnico: https://reclutamientofae.mil.ec/index.php/escuelas-militares/escuela-superior-militar-de-aviacion/perfil-del-aspirante-a-oficial-de-arma-y-tecnico

FAE. (2019). *Registro de Reclutamiento*. Quito: FAE.

Gujarati, D., & Porter, D. (2010). *Econometría*. México D.F.: Mc Graw Hill.

INEC. (15 de 6 de 2018). *Reporte de pobreza y desigualdad*. Obtenido de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/POBREZA/2018/Junio-2018/Informe_pobreza_y_desigualdad-junio_2018.pdf

Léa, M. (2014). Modelos de desarrollo regional: teorías y factores determinantes. *Nóesis. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 18-56.

Levin, R., & Rubin, D. (2004). *Estadística para Administración y Economía*. México D.F.: Pearson Educación.

Lind, D., Marchal, W., & Mascon, R. (2004). *Estadística para Administración y Economía*. México D.F: Alfaomega.

Márquez, R., Quintana, N., Pérez, M., & Araya. (2012). Empleo de tecnologías de geomática para la evaluación de riesgos de inundaciones como consecuencia del cambio climático y las afectaciones a la fitodiversidad. *Tecnología en Marcha*, 76-80.

Merchand, M. (2007). *Teorías y conceptos de economía regional y estudios de caso*. Puerto Vallarta: Consejo Lationoamericano de Ciencias Sociales.

Ministerio de Defensa Nacional. (13 de 6 de 2019). *Miembros de Fuerzas Armadas*. Obtenido de Ingreso a escuelas militares: https://www.defensa.gob.ec/ingreso-a-escuelas-militares/

Morales, J., Aparicio, J., Barber, X., & Mayoral, A. (01 de 03 de 2013). Tema 7. Series Temporales. Estudio de la Tendencia. Elche, Valencia, España.

Muñoz, S. (01 de 01 de 2013). Análisis geoespacial para ubicar cajeros automáticos y oficinas bancarias y herramientas para mejorar la cobertura de servicios de las entidades financieras en Bogotá. Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.

ONU DAES. (17 de 9 de 2019). *Countrymeters*. Obtenido de https://countrymeters.info/es/World

Pablo, F., & Muñoz, C. (2009). Localización empresarial y economías de aglomeración: el debate en torno a la agregación espacial. *Investigaciones Regionales*, 139-166.

Pullar, D., & Egenhofer, M. (1988). Toward formal definitions of topological relations among spatial objects", In Proceedings Third International Symposium on Spatial Data Handling. *Proceedings Third International Symposium on Spatial Data Handling*, (págs. 225-241). Sydney.

Sánchez, M., & Lazo, V. (2018). Determinantes de la rentabiliad empresarial en el Ecuador: un análisis de corte transversal. *ECA Sinergia* , 60-73.

SENESCYT. (17 de 9 de 2019). *Indice de Tabulados*. Obtenido de Registro de Matrícula Universidades y Escuelas Politécnicas: https://www.educacionsuperior.gob.ec/cuadros-estadisticos-indice-de-tabulados-sobre-los-datos-historicos-de-educacion-superior-a-nivel-nacional-incluye-registro-de-titulos-oferta-academica-matriculados-docentes-becas-y-cupos/

Vasquez, M. (2009). La geomática y su importancia en el desarrollo de los Estados. *Revismar*, 268-270.

Villegas, R., Lozano, A., & De Santiago, J. (2014). Proyección de matrícula para el análisis de la infraestructura de programas académicos en vía de acreditación. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 1-12.

Voorrips, R. (2002). MapChart: Software para la presentación gráfica de Linkage Maps y QTLs. *Journal of Heredity*, 77-78.

Yopán, J., & Alvardo, V. (2015). Un Modelo de Series de Tiempo para la Evolución de la Matrícula del Nivel Medio Superior de la UAGro. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 1-11.

Zanek, F., & López, M. (2017). Te&Te2017. *9955 Sistema de información geográfica (SIG) aplicado al análisis de la demanda educativa del nivel medio en la provincia de Salta* (págs. 248-257). San Justo: Universidad Nacional de La Matanza.

Apéndice I: Graduados de la ESMA por provincia y año (2001-2019).

Codigo	Promoción	51-LI	52-LII	53-LIII	54-LIV	55-LV	56-LVI	57-LVII	58-LVIII	59 - LIX	60 - LX	61 - LXI	62 - LXII	63 - LXIII	64 - LXIV	65 - LXV	66 - LXVI	67 - LXVII	68 - LXVIII	69 - LXIX
	Provincia	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	Azuay		2		1		1		2							2		1		1
2	Bolívar	2					1						1	1						
3	Cañar	1	1																	
4	Carchi		1	1		1	2		1	1			1		2	1	1		1	1
5	Chimborazo	2	1	2	1	2		1	1	1	1	2	4	2	1	1	1		2	1
6	Cotopaxi			1	1				1		1			3	1	2	7	2	3	3
7	El Oro	1	2		1				3		1	1	1	1		1			1	
8	Esmeraldas											1								
10	Guayas	3	2	4	2	1		3	3	2	1	3	2	2	9	5	10		2	6
11	Imbabura	2	4	2		2	1	1	1	4	1	2	3	1	2	3	4	2	1	1
12	Loja	2	3	1	2			1		1	1			1	2					3
13	Los Ríos		1												1		1			1
14	Manabí				1		1		2				1	1	1	1		3	1	3
15	Morona-Santiago												1				1			
16	Napo					1		1												
17	Orellana																			1
18	Pastaza	1		1									1	1		1	1			
19	Pichincha	23	32	18	18	16	10	8	22	22	15	22	26	22	25	24	12	19	14	11
20	Santa Elena														1					
21	Santo Domingo de los Tsáchila		1								1			1						
22	Sucumbíos																1			
23	Tungurahua	5	2	1	2	1		1	4	2	2	1	2	2	1	1	2	2	2	2
24	Zamora-Chinchipe														2			1		
	Total:	42	52	31	29	24	16	16	40	33	24	32	43	38	48	42	41	30	27	34
	Sierra	37	46	26	25	22	15	12	32	31	21	27	37	32	34	34	27	26	23	23
	Costa	4	6	4	4	1	1	3	8	2	3	5	4	5	12	7	11	3	4	10
	Oriente	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	2	1	2	1	3	1	0	1

Apéndice II. A: Predicciones región Sierra (2019-2023).

t	*Año graduación*	*Serie original (Y)*	*Tendencia (T)*	*Diferencia*	*Cociente*	*Sin tendencia*	*MM5*	*Indice*	*promedio que pasa cada 4 años*	*Indice estacionaliza dad - 4 años*	*Predicción*
1	2001	23	29,4106	23,00	2,0000	0,7820					32,5453
2	2002	46	29,2422	-20,00	0,5652	1,5731					24,5349
3	2003	26	29,0738	-1,00	0,9615	0,8943	0,97597	91,62983	86,8571227	89,0980	25,9042
4	2004	25	28,9054	-3,00	0,8800	0,8649	0,92457	93,54512	113,4151616	116,3412	33,6289
5	2005	22	28,7370	-7,00	0,6818	0,7656	0,69446	110,23824	107,8751456	110,6583	31,7999
6	2006	15	28,5686	-3,00	0,8000	0,5251	0,74230	70,73290	81,79227699	83,9025	23,9698
7	2007	12	28,4002	20,00	2,6667	0,4225	0,79025	53,46800	389,9397069		25,3040
8	2008	32	28,2318	-1,00	0,9688	1,1335	0,78770	143,89579			32,8452
9	2009	31	28,0634	-10,00	0,6774	1,1046	0,87745	125,89184			31,0545
10	2010	21	27,8950	6,00	1,2857	0,7528	1,06147	70,92275			23,4046
11	2011	27	27,7266	10,00	1,3704	0,9738	1,06844	91,14185			24,7038
12	2012	37	27,5582	-5,00	0,8649	1,3426	1,09731	122,35460			32,0615
13	2013	32	27,3898	2,00	1,0625	1,1683	1,19811	97,51367			30,3091
14	2014	34	27,2214	0,00	1,0000	1,2490	1,20421	103,72118			22,8394
15	2015	34	27,0530	-7,00	0,7941	1,2568	1,13032	111,18882			24,1037
16	2016	27	26,8846	-1,00	0,9630	1,0043	1,06993	93,86514			31,2779
17	2017	26	26,7162	-3,00	0,8846	0,9732	0,99451	97,85683			29,5637
18	2018	23	26,5478	0,00	1,0000	0,8664					22,2743
19	2019	23	26,3794			0,8719					23,5035
20	2020	31	26,2110			1,1827					30,4942
21	2021	27	26,0426			1,0368					28,8183
22	2022		25,8742								21,7091
23	2023		25,7058								22,9034

Apéndice II. B: Predicciones región Costa (2019-2023).

t	*Año graduación*	*Serie original (Y)*	*Tendencia (T)*	*Diferencia*	*Cociente*	*Sin tendencia*	*MM3*	*Indice*	*Indice estacionalizad ad - 4 años*	*Predicción*
1	2001	4	2,7684	2,00	1,5000	1,4449				1,5574
2	2002	6	3,0280	- 2,00	0,6667	1,9815	1,5477	128,0297	105,1917	3,1852
3	2003	4	3,2876	-	1,0000	1,2167	1,4419	84,3783	93,4072	3,0709
4	2004	4	3,5472	- 3,00	0,2500	1,1276	0,8690	129,7626	145,1438	5,1485
5	2005	1	3,8068	-	1,0000	0,2627	0,5454	48,1626	56,2572	2,1416
6	2006	1	4,0664	2,00	3,0000	0,2459	0,4007	61,3727		4,2775
7	2007	3	4,3260	5,00	2,6667	0,6935	0,8947	77,5131		4,0408
8	2008	8	4,5856	- 6,00	0,2500	1,7446	0,9503	183,5863		6,6557
9	2009	2	4,8452	1,00	1,5000	0,4128	0,9150	45,1116		2,7258
10	2010	3	5,1048	2,00	1,6667	0,5877	0,6442	91,2299		5,3698
11	2011	5	5,3644	- 1,00	0,8000	0,9321	0,7437	125,3350		5,0107
12	2012	4	5,6240	1,00	1,2500	0,7112	0,8310	85,5838		8,1629
13	2013	5	5,8836	7,00	2,4000	0,8498	1,1715	72,5425		3,3100
14	2014	12	6,1432	- 5,00	0,5833	1,9534	1,2988	150,3960		6,4621
15	2015	7	6,4028	4,00	1,5714	1,0933	1,5659	69,8174		5,9807
16	2016	11	6,6624	- 8,00	0,2727	1,6511	1,0592	155,8714		9,6701
17	2017	3	6,9220	1,00	1,3333	0,4334	0,8805	49,2233		3,8941
18	2018	4	7,1816	6,00	2,5000	0,5570	0,7781	71,5835		7,5544
19	2019	10	7,4412			1,3439				6,9506
20	2020	12	7,7008			1,5583				11,1772
21	2021	5	7,9604			0,6281				4,4783
22	2022		8,2200							8,6468
23	2023		8,4796							7,9206

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

Recebido/Submission: 08/11/2019
Aceitação/Acceptance: 27/01/2020

Filtros Adaptativos en el Procesador Bayesiano MTI (*Moving Target Indicator*) para el Sistema de Radar Skyguard del Ejército Ecuatoriano

Fernando Lara[1], Marcelo Ortiz[1], Enrique V. Carrera[2], A.F. Tinoco-S[2], Rubén León[2]

{mflara3, maortiz12, evcarrera, aftinoco, rdleon}@espe.edu.ec

[1] Ayudante de Investigación CICTE, Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, Quito, Ecuador.

[2] Docente Investigador CICTE, WiCOM, Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Quito, Ecuador.

Pages: 650–664

Resumen: El presente trabajo muestra los resultados obtenidos en la detección de objetivos de radar al sustituir el tradicional filtro Doppler fijo denominado MTI, por filtros adaptativos como parte del procesador de radar, para ello se simuló el procesador MTI del sistema de Radar *Skyguard* perteneciente al Ejército Ecuatoriano. Además, se realiza la comparación de las Curvas Operacionales del Receptor del procesador tradicional con las del procesador MTI adaptativo que implementa los algoritmos LMS (*Least Mean Square)* y Kalman Random Walk.

Palabras-clave: Radar; MTI; ROC; Filtros Adaptativos; Kalman Random Walk.

Adaptive Filters in the MTI Bayesian Processor (Moving Target Indicator) of the Oerlikon Radar System

Abstract: The present work shows the results obtained in the detection of simulated objectives replacing the traditional Doppler filter with adaptive filters in the radar processor. For that, the MTI processor of the Skyguard radar system of the Ecuadorian Army is simulated. In addition, the comparison of the Receiver Operational Curves (ROC) of the traditional processor with those of the adaptive MTI processor that implements the Least Mean Square (LMS) and Kalman Random Walk algorithms is performed.

Keywords: Radar; MTI; ROC; Adaptive Filters; Kalman Random walk.

1. Introducción

El utilizar nuevas técnicas de procesamiento para procesadores de RADAR (*RAdio Detection and RAnging)* bayesianos permite mejorar la capacidad de detección con relación a la SCR (*Signal to Clutter Ratio*), lo que se refleja en dos parámetros operativos importantes: incremento del rango de detección y/o mejora de la probabilidad de detección - P_d, manteniendo constantes la potencia de transmisión y la probabilidad de falsa alarma - P_{fa}.

Esto mejora el desempeño del radar, incrementa el tiempo de vida útil de sistemas antiguos y reduce los costos de modernización de los mismos.

Partiendo de la operación de un radar, en el cual su procesador se basa en el procesamiento en anillos, se generó un ambiente de simulación de señales de eco de radar (León Vásquez, 1992). Ese entorno permite tener un ambiente controlado partiendo del conocimiento de la relación SCR del eco recibido, la posición y la frecuencia Doppler del objetivo. Por lo tanto, es posible evaluar el funcionamiento del procesador actualmente implementado en el Sistema *Skyguard* y compararlo con el procesador adaptativos propuestos.

Los algoritmos de procesamiento, como ya fue dicho anteriormente, se basan en el concepto de anillos; por tanto, el número de procesadores depende del número de anillos sobre los cuales se va a actuar. Por otro lado, para evaluar el desempeño del sistema basta con probar uno de sus anillos. Esto facilita el proceso de simulación ya que con la implementación de un anillo y un procesador se puede obtener las Curvas Operacionales del Receptor ROC (*Receiver Operating Curves*) del radar.

En primera instancia, se simula la estructura básica del procesador tradicional MTI (*Moving Target Indicator*) (Shrader & Gregers-Hansen, 1970) con un filtro blanqueador para la eliminación de clutter estacionario. En el sistema Skyguard esto fue realizado utilizando el filtro HSIAO, seguido de un detector de magnitud en el cual se realiza la detección por medio de un umbral.

En este artículo se muestra los resultados obtenidos al sustituir el filtro HSIAO (Hsiao, 1976), por filtros blanqueadores adaptativos en la estructura MTI. Este último se implementó con los algoritmos de KRW (*Kalman Random Walk*) (Qi-tu & Haykin, 1983) y LMS (*Least Mean Square*) (Widrow & Walach, 1984). Para todas las simulaciones se consideró que el clutter es NO estacionario.

Este artículo está constituido de seis secciones, incluida la introducción. En la sección II se explica la estructura básica de un procesador MTI, las etapas necesarias para implementarlo – dando énfasis al filtro HSIAO –, seguidamente se presentan las curvas operacionales del receptor obtenidas a partir de la simulación de su desempeño. En la sección III se sustituye el filtro HSIAO tradicional por el filtro blanqueador adaptativo con algoritmo KRW. En la Sección IV se reemplaza el algoritmo KRW por el LMS en el filtro blanqueador y se analiza su desempeño. En la sección V se realiza la comparación de las diferentes curvas y de los resultados obtenidos. Finalmente, en la sección VI se presentan las conclusiones que se obtuvieron en este trabajo.

2. Estructura MTI

El procesador bayesiano MTI, incorporado actualmente en el Sistema de Radar Skyguard, cuenta con las etapas típicas de un procesador MTI de la década de los 70's (EUCOMIS, 1979). Cuenta con una etapa inicial de preprocesamiento para eliminación de objetos fijos. En cuanto al procesador como tal se dispone de dos etapas: una de eliminación de clutter y la de detección de magnitud. Para la eliminación de clutter se utiliza un filtro Doppler, en el caso del sistema Skyguard se utiliza el filtro HSIAO (Hsiao, 1976) (Ispir

& Candan, 2013), seguido por un detector de magnitud que recupera la información de fase y cuadratura de la señal eco que llega al receptor (Shrader & Gregers-Hansen, 1970).

El procesador MTI en su primera etapa elimina las señales eco reflejadas en objetos o blancos fijos no deseados (clutter) como: edificios, montañas, nubes, entre otros. Para esto, realiza una substracción de las muestras adquiridas en el giro actual con respecto al giro anterior. De esta forma se da énfasis a los blancos en movimiento, aprovechando de esta manera el cambio de fase producido por objetivos móviles como: automóviles, aviones o barcos (Peréz, 2015). De acuerdo con el manual del Sistema Skyguard (EUCOMIS, 1979), en la primera etapa de eliminación de clutter se utiliza el filtro Doppler HSIAO. Para realizar esta etapa se sigue el procedimiento y utiliza los coeficientes del filtro FIR (*Finite Impulse Response)* sugerido por los autores (Ispir & Candan, 2013). En la etapa subsiguiente se implementa un detector de magnitud clásico. Esto es, se busca los máximos en la señal procesada a partir de niveles de umbral de referencia predefinidos, que formarán parte de los objetivos detectados con una tasa de falsas alarma constante (CFAR) garantizada. En la Figura 1 se ilustra el diagrama de bloques del procesador MTI implementado.

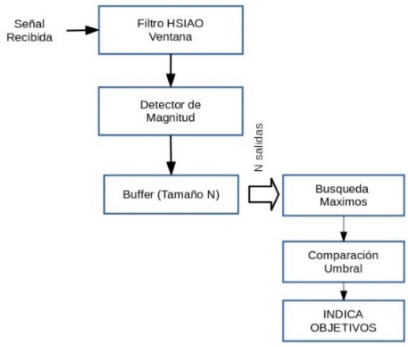


Figura 1 – Diagrama de bloques del procesador MTI.

Se debe resaltar que en la Figura 1 se adicionó un buffer para acumular las *N* salidas, búsqueda de máximos, comparación con los umbrales y de indicación de objetivos. El tamaño del buffer (o ventana) vienen dado por la ecuación (1) (Skolnik, 1981).

$$N = \frac{\phi f_p}{6\omega} = \frac{\phi}{6\omega T_p} \tag{1}$$

donde f_p y T_p son, respectivamente, la frecuencia y el período de repetición de pulsos, $f_p = 1/T_p$. φ es la abertura del lóbulo principal de la antena, o abertura entre los puntos de media potencia. ω es la velocidad de rotación de la antena de exploración en rpm (revoluciones por minuto).

La información técnica del Sistema Skyguard especifica que la velocidad de giro es de 60 rpm. La frecuencia de repetición de pulsos puede variar entre 6,4 y 9,37 kHz (EUCOMIS, 1979). La abertura del lóbulo principal de la antena de exploración es igual a 2,4° y, con base en esta información, el tamaño de la ventana utilizado es de 43 señales eco de radar (Lara & Ortiz, 2019).

2.1. Filtro Doppler – HSIAO

El filtro Doppler HSIAO tiene la estructura básica de un filtro FIR y se debe al trabajo pionero de J. K. Hsiao. Utilizando las funciones de correlación, Hsiao logró determinar los valores de los coeficientes de ese filtro FIR a partir de las características del clutter (Hsiao, 1976).

Los coeficientes utilizados en este trabajo fueron tomados a partir del trabajo de Ispir (Ispir & Candan, 2013) el cual determina los coeficientes optimizados de los principales filtros Doppler utilizados para la supresión de clutter en procesadores MTI. Esos coeficientes al estar referidos a la frecuencia normalizada pueden ser utilizados directamente para analizar el comportamiento de un sistema MTI en un entorno de SCR controlado. Se debe resaltar que para la determinación de las curvas ROC de dicha estructura se utilizó simulaciones del tipo Monte Carlo.

2.2. Resultados del modelamiento del Procesador MTI

Inicialmente, en el estudio del desempeño del procesador MTI con filtro HSIAO fueron realizadas pruebas con el generador de señales de clutter para diferentes relaciones SCR. En cada una de esas, un objetivo fue adicionado en una posición predefinida y constante. El detector de magnitud de la estructura MTI fue implementado conforme la ecuación (2).

$$D_m = \sqrt{x_I^2 + x_Q^2} \tag{2}$$

para eliminando el ruido presente en el proceso de recepción se implementa un filtro de media móvil. Ese filtro fue implementado conforme se expresa en (3). El intervalo sobre el cual se construyó el filtro es una ventana de 43 muestras correspondiente a la integración de los pulsos del radar del sistema Skyguard.

$$y[n] = \frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1} x[n-k] \tag{3a}$$

$$Y(z) = X(z)\left(\frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1} z^{-1}\right) \tag{3b}$$

En la Fig. 2 se presentan las muestras de un anillo de la señal de eco del radar, bruto y procesado, generada con un objetivo simulado en la posición 500. Se puede apreciar, en las Figs. 2.c y 2.d, la supresión del clutter con el filtro HSIAO, y como al utilizar el detector de magnitud se puede aplicar un umbral para la detección de objetivos. Además, la figura 2, literal f), muestra el resultado de aplicar el filtro de media móvil, en el que se aprecia claramente la eliminación de ruido y como se destaca el objetivo. Para la detección de objetivos no se utiliza normalmente este filtro ya que se pierde información de la frecuencia Doppler del objetivo.

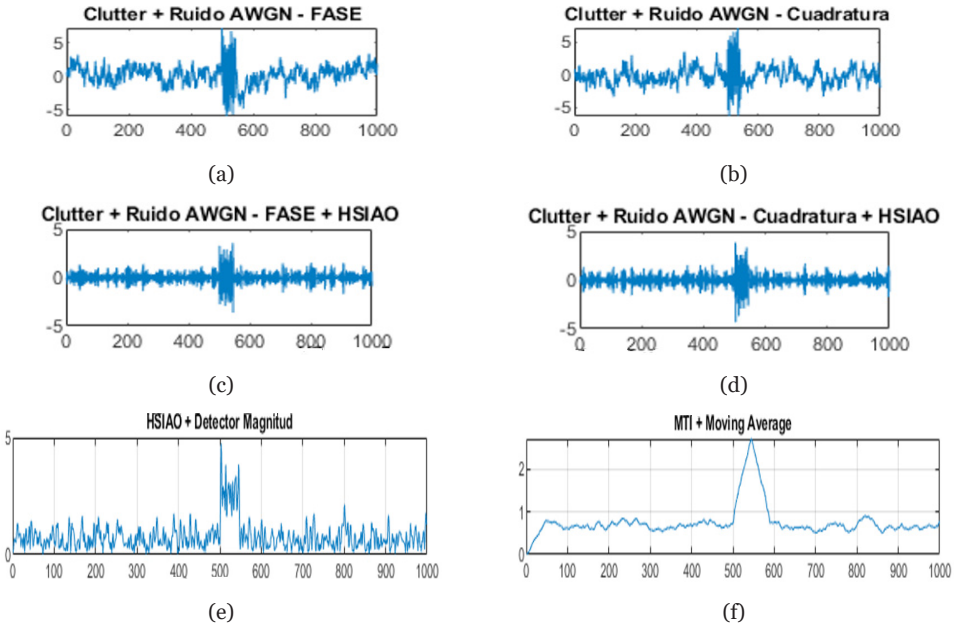


Figura 2 – Procesador MTI con filtro HSIAO. Resultados del procesamiento de la señal eco de radar con objetivo, clutter y relación SCR de 10dB. En a) y b) se presentan, respectivamente, las señales en fase y cuadratura contaminadas por ruido gaussiano blanco aditivo, clutter y un SCR de 10 dB. c) y d) señales fase-cuadratura procesadas con el filtro HSIAO, e) detector de magnitud y f) resultado de aplicar el filtro de media móvil.

2.3. Curvas Operacionales del Receptor MTI - HSIAO

Para determinar la curva ROC del radar con el filtro HSIAO y detector de magnitud, se generan anillos con objetivos separados por anillos que no presentaban objetivos.

El comportamiento del procesador en cuanto a la característica de detección en comparación a la relación señal clutter, manteniendo una probabilidad de falsa alarma constante, se verifica con auxilio de la determinación de las curvas ROC de la estructura MTI con filtro HSIAO.

El número de objetivos incluidos en el anillo a ser procesado se lo toma de acuerdo a la teoría de simulaciones de Montecarlo. Por otro lado, el número de muestras utilizadas en

las simulaciones se determina conforme a la taza de falsa alarma para la cual se genera la curva ROC y es dado por la ecuación (4). En este punto se debe mencionar que este conjunto de muestras corresponde a la hipótesis binaria H1, esto es, está formada por clutter más ruido AWGN más objetivo.

$$Muestras_{H_1} = 10/P_{error} \tag{4}$$

En la Figura 3 se presentan las simulaciones de las curvas ROC del radar cuando el procesador es el MTI.

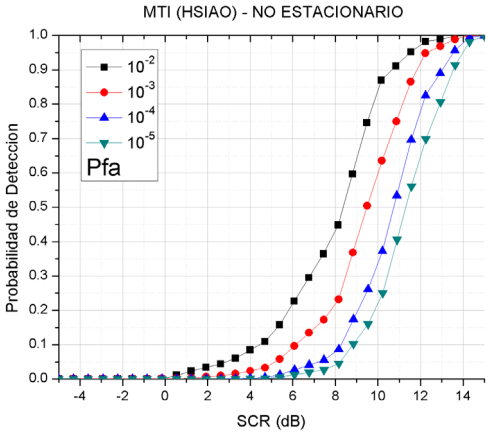


Figura 3 – Curvas Operacionales del Receptor MTI con filtro HSIAO.

Esa es la estructura actualmente implementada en el sistema Skyguard, presentando un alto grado de similitud a la metodología presentada por los autores (Conte, De Maio, Farina, &Foglia, 2005). La Figura (3) muestra diferentes curvas para diferentes probabilidades de falsa alarma (10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}). En esas curvas se aprecia que para tener una probabilidad de detección superior al 90% y una probabilidad de falsa alarma de se requiere tener una relacion SCR de al menos 13 dB.

3. Kalman Random Walk

En un ambiente real de radar, el clutter es de naturaleza no estacionario y por tanto el MTI tradicional es una solución subóptima. Para este caso, con base a la teoría del filtro de Kalman (Haykin, 1986), las ecuaciones para su posible implementación como filtro cancelador de clutter fue propuesto por (León Vasquéz, 1992).

En este caso, la teoría del filtro de Kalman (Haykin, 1986) y las ecuaciones para su posible implementación como filtro cancelador de clutter propuestas por (León Vasquéz, 1992), fue utilizada en este trabajo. De entre las posibles implementaciones del Filtro

de *Kalman Random Walk* (KRW), presentadas por (León Vasquéz, 1992), se escogió usar para este trabajo la que se demostró más estable. A seguir se detalla el modelo matemático para implementar el Filtro KRW:

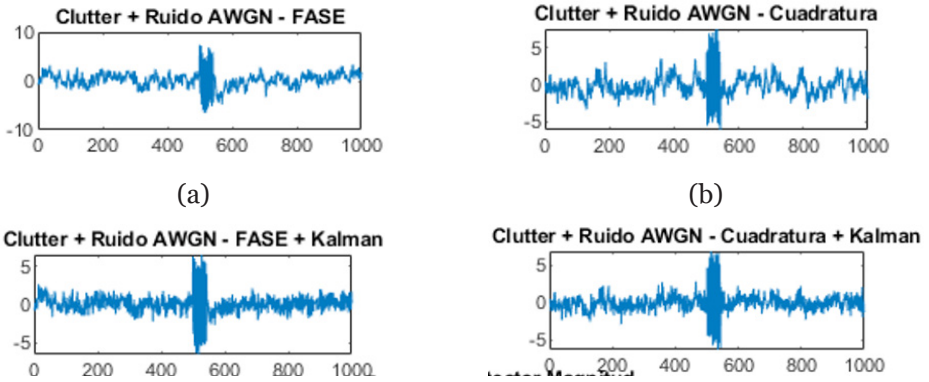
$$
\begin{aligned}
&g(n) = \underline{K}(n,n-1)\underline{u}(n-1)\left[\underline{u}^{H}(n-1)\underline{K}(n,n-1)u(n-1)+\sigma^{2}\right]^{-1} \\
&v(n) = u(n)-\underline{u}^{T}(n-1)\hat{\underline{w}}^{*}(n) \\
&\hat{\underline{w}}(n) = \hat{\underline{w}}(n-1)+g(n)v^{*}(n) \\
&K(n) = K(n,n-1)-g(n)\underline{u}^{H}(n-1)\underline{K}(n,n-1) \\
&\underline{K}(n,n-1) = \underline{K}(n)+q\,\underline{I}
\end{aligned}
\tag{5}
$$

3.1. Resultados de la implementación del Procesador MTI adaptativo (KRW)

Al aplicar el filtro KRW a los datos brutos se observó mejoras significativas en la eliminación de clutter conforme se ilustra en la Figura 4. Al seguir un procedimiento semejante en el caso del filtro HSIAO se obtuvo la supresión del clutter sin disminución de la amplitud del objetivo. La salida del detector de magnitud muestra una diferencia clara entre las amplitudes del ruido y del objetivo, facilitando su detección.

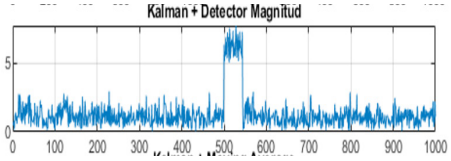
3.2. Curvas Operacionales del Receptor con procesador MTI – KRW

Las curvas ROC con diferentes probabilidades de falsa alarma (10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}) fueron obtenidas siguiendo el mismo procedimiento que se aplicó al filtro HSIAO, cuyos resultados son mostrados en la Figura 5. Analizando los resultados observados en esa figura se puede apreciar que para una probabilidad de detección superior al 90% y con una P_{fa} = 10^{-5} se requiere 11 dB de la relación SCR.

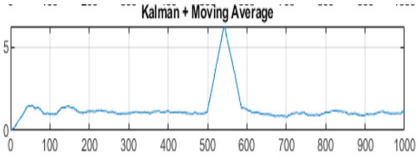


(a) (b)

(c) (d)



(e)



(f)

Figura 4 – Procesador MTI con filtro KRW. Resultados del procesamiento de la señal eco de radar con objetivo, clutter y relación SCR de 10dB. En a) y b) se presentan, respectivamente, las señales en fase y cuadratura contaminadas por ruido gaussiano blanco aditivo, clutter y un SCR de 10 dB. c) y d) señales fase-cuadratura procesadas con el MTI más filtro KRW, e) detector de magnitud y f) resultado de aplicar el filtro de media móvil.

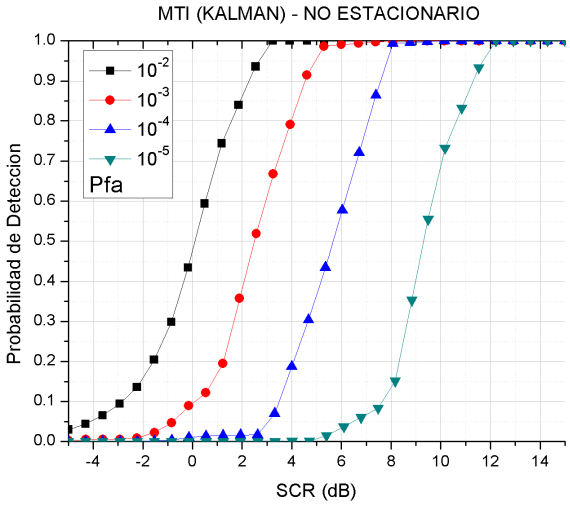


Figura 5 – Curvas Operacionales del Receptor del procesador MTI con filtro KRW.

4. Algoritmo de mínimos el valor cuadrático medio del error (Least Mean Square – LMS)

El algoritmo LMS pertenece a la familia de algoritmos de gradiente estocástico. Propuesto en la Universidad de Standford en 1960 por Bernard Widrow y Ted Hoff (Widrow & Hoff, 1960) (Zelaya Chicas, 2004). Generalmente, este algoritmo utiliza la estimativa de la función gradiente para minimizar el valor cuadrático medio del error de estimación. Ese valor es actualizado de iteración en iteración de forma muy similar al procedimiento usado para disminuir el gradiente del error en las funciones empleadas en Machine Learning (Martínez Heras). La principal ventaja de este proceso es que no requiere el cálculo de las funciones de correlación como en métodos más complejos de

filtros adaptativos. Al utilizar la pendiente para buscar los coeficientes que minimicen la función error, el algoritmo resultante es robusto y con poco costo computacional (Zelaya Chicas, 2004).

$$\begin{aligned} y[n] &= \hat{w}^H[\mathrm{n}]u[n] \\ e[n] &= d[n] - y[n] \\ \hat{w}[n+1] &= \hat{w}[n] + \mu\, u[n]e^*[n] \end{aligned} \tag{3}$$

A partir del algoritmo LMS (Widrow, McCool, Larimore, & Johnson, 1976) más la implementación propuesta por (Zelaya Chicas, 2004), presentada en (6) para el modelo de estimación, se implementó el predictor LMS de orden 1 según (7). La eliminación del clutter de las señales eco de radar se logra aplicando el predictor LMS de orden 1. Dicho coeficiente representa el atraso 1 de la correlación del clutter. La señal error de predicción e(n), representa la señal eco de radar mitigado el clutter.

$$\begin{aligned} \hat{y}[n] &= w[n-1]\, y[n-1] \\ e[n] &= y[n] - \hat{y}[n] \\ w[n] &= w[n-1] + \mu\, e[n]\, y[n-1] \\ y_{LMS}[n] &= y[n] - w[n]\, y[n-1] \end{aligned} \tag{4}$$

Una representación, en diagramas de bloques, del procedimiento antes mencionado se ilustra en la figura 6.

4.1. Resultados del modelamiento del Procesador MTI (LMS)

Una vez implementado el filtro LMS de acuerdo a la Figura 6, y procesado con el filtro *moving average*, el resultado se puede apreciar en la Figura 7 para una señal de eco con objetivo con una relación señal a clutter de 10 dB. Se puede apreciar una mejora en la eliminación del clutter, e incrementando la capacidad del procesador para discriminar entre la hipótesis que no existe objetivo y la hipótesis que si existe objetivo.

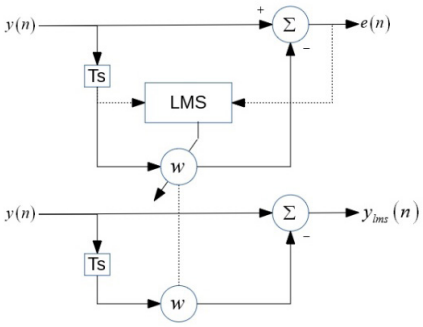


Figura 6 – Implementación del algoritmo LMS como predictor para la eliminación de clutter.

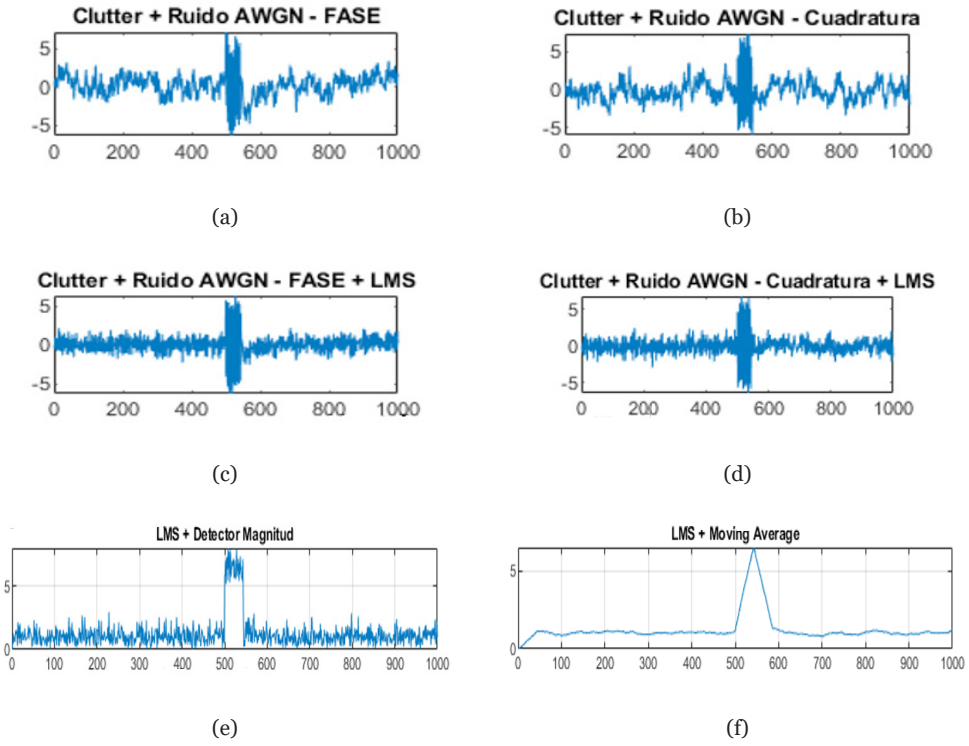


Figura 7 – Procesador MTI con filtro LMS. Resultados del procesamiento de la señal eco de radar con objetivo, clutter y relación SCR de 10 dB. En a) y b) se presentan, respectivamente, las señales en fase y cuadratura contaminadas por ruido gaussiano blanco aditivo, clutter y un SCR de 10 dB. c) y d) señales fase-cuadratura procesadas con el MTI más filtro KRW, e) detector de magnitud y f) resultado de aplicar el filtro de media móvil.

4.2. Curvas Operacionales del Receptor MTI - LMS

La Figura 8 muestra las curvas ROC del procesador MTI adaptativo LMS. Para estas simulaciones se siguió la misma metodología explicada en la generación de las curvas ROC del procesador MTI con filtro HSIAO. Esto es, fueron generadas las curvas para las mismas probabilidades de falsa alarma (10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}). Observando el desempeño del procesador se aprecia que para las diferentes probabilidades de falsa alarma el receptor MTI - LMS presentó mayores probabilidades de detección, cuando comparados con los casos anteriores. Se considera que estos resultados se deben a la naturaleza del filtro LMS que al actualizar su coeficiente en cada iteración se adapta mejor a la naturaleza estadística del clutter. Por ejemplo, para tener una probabilidad de detección superior al 90% y una probabilidad de falsa alarma de se necesitó una relación SCR de al menos 9 dB.

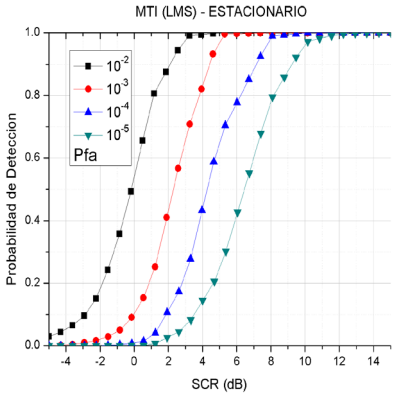


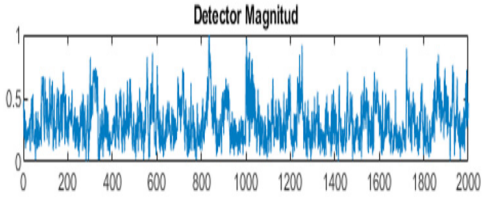
Figura 8 – Curvas Operacionales del Receptor MTI con filtro LMS.

5. Resultados

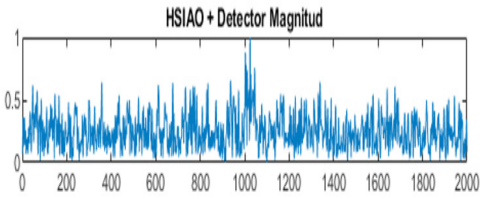
Con la finalidad de comparar el desempeño de las topologías presentadas en la sección anterior se muestran los resultados del procesamiento de la señal eco de radar con objetivo y una relación SCR de 3 dB y una probabilidad de falsa alarma de 10^{-5}. En la Figura 9 se muestra los resultados del procesamiento.

Se ve claramente que, al aplicar directamente un detector de magnitud, sin utilizar un filtro blanqueador o un filtro MTI HSIAO, el objetivo es indetectable esto es la información del objetivo se ve oculta por el clutter. Por el contrario, al procesar la señal incluyendo el filtro HSIAO se puede apreciar ligeramente el objetivo, pero existen regiones en las que la amplitud del clutter es comparable con la del objetivo. Al utilizar filtros adaptativos como LMS y KRW, seguido del detector de magnitud, el objetivo es claramente detectable y, adicionalmente, presenta una amplitud significativamente superior al clutter.

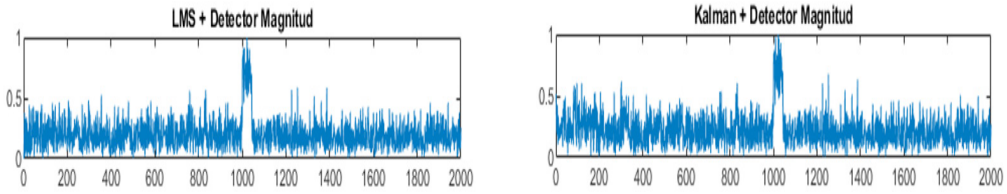
Para tener una comparación más clara se agrupó las curvas ROC de los procesadores MTI utilizando filtros HSIAO, LMS y KRW. Los resultados se muestran en la Figura 10. Una mejora de 2 dB para cuando se utiliza KRW en comparación al filtro HSIAO y de 4 dB si se compara al filtro LMS con relación al filtro HSIAO. Es importante resaltar que las pruebas se realizaron en un ambiente estacionario con un coeficiente de correlación para el clutter constante.



(a)



(b)



(c) (d)

Figura 9 – Comparación de las diversas topologías de procesadores MTI para relaciones SCR de 3 dB. El procesamiento de la señal eco de radar a través del cálculo de la magnitud de las señales fase y cuadratura se muestra en (a), en (b) se tiene el resultado de aplicar el MTI con filtro HSIO seguido del detector de magnitud, en (c) se tiene el MTI con filtro LMS y en (d) el MTI con filtro KRW.

En ambientes reales el coeficiente de correlación del clutter no es constante, por lo cual se realizaron las simulaciones para un ambiente no estacionario. Los resultados de las simulaciones son presentados en la Figura 11. A partir de esas curvas se puede inferir la robustez del algoritmo KRW ya que prácticamente su curva ROC se mantiene constante en ambientes estacionarios como no estacionarios. Por otro lado, el algoritmo LMS para ambientes no estacionarios presentó un decaimiento de 1,5 dB en la relación SCR cuando comparado con el resultado obtenido en ambiente estacionario. Adicionalmente, se verifica que para $P_d > 0{,}95$ y $P_{fa} = 10^{-5}$ el MTI adaptativo supera el desempeño del MTI tradicional en por lo menos 2 dB en la relación SCR.

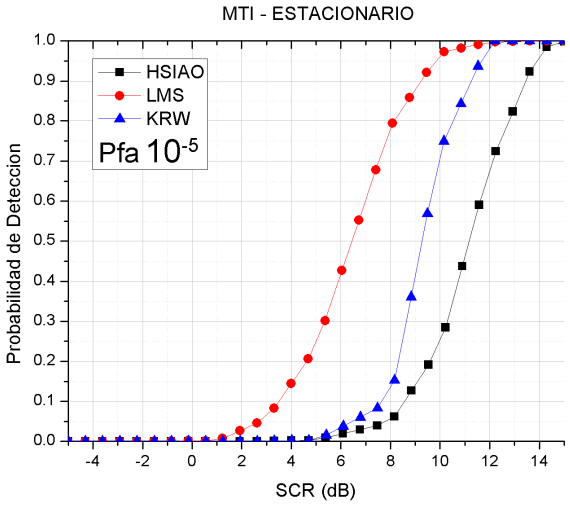


Figura 10 – Curvas Operacionales del Receptor para diferentes filtros blanqueadores en ambiente estacionario.

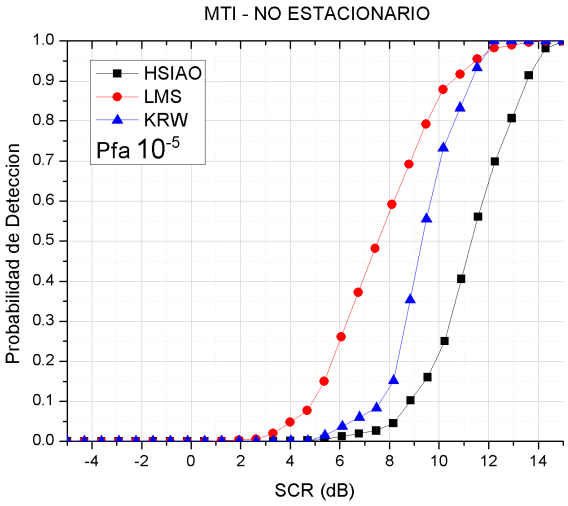


Figura 11 – Curvas Operacionales del Receptor para diferentes filtros blanqueadores en ambiente no estacionario.

6. Conclusiones

Mediante las curvas operacionales del receptor obtenidas para ambientes estacionarios se determinó que al sustituir el filtro MTI tradicional (pesos fijos) por filtros adaptativos se tienen una mejora, con relación a la actual implementación del procesador MTI del Sistema Skyguard, de 4 dB para el filtro LMS y de 2 dB en el caso de KRW, ambos resultados considerando una probabilidad de detección mayor al 90%. Para el caso de ambientes no estacionarios el incremento del desempeño fue de 2,5 dB en el caso de filtro LMS y de 2 dB para el filtro KRW. En los dos escenarios se mantuvo la misma probabilidad de detección.

Se observó también que el algoritmo KRW presenta gran robustez. Esto fue concluido al verificar que no se presentaron cambios significativos al comparar las curvas ROC para ambientes estacionarios y no estacionarios. Así mismo, el desempeño del algoritmo LMS mostró una reducción en la relación SCR de alrededor de 1,5 dB en ambientes no estacionarios. A partir de esta característica se estima que en una implementación real el desempeño esperado de los procesadores no difiera grandemente de las simulaciones calculadas.

Para la modernización del procesador de radar del Sistema Skyguard, que al momento está siendo implementado para el Ejército Ecuatoriano a través de la empresa Inovativa - EP, se está utilizando el algoritmo LMS dado que el sistema debe operar en tiempo real y para todos los anillos de procesamiento del sistema. Esto hace que el costo computacional se vuelva una restricción fundamental y, como se sabe, el algoritmo LMS presenta un menor costo computacional frente a KRW.

Una ventaja notable de los filtros adaptativos es que se autoajustan a diferentes entornos, mientras que los filtros Doppler parten de un modelamiento inicial del clutter, por lo que su desempeño varía de acuerdo a los diferentes entornos donde se encuentren.

Agradecimientos

Este trabajo es soportado por el Centro de Investigación de Aplicaciones Militares (CICTE) de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE). Los autores agradecen a la Dirección de Investigación y Desarrollo Militar del COMACO por el apoyo dado al presente proyecto de investigación.

Referencias

Conte, E., De Maio, A., Farina, A., & Foglia, G. (2005). Design and Analysis of a Knowledge-Aided Radar Detector for Doppler Processing. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 42(3), 1058-1078.

EUCOMIS. (1979). Fire Control System Skyguard (Vol. 3). Contraves.

Haykin, S. (1986). *Adaptive Filter Theory*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

Hsiao, J. K. (1976). Performance of a Range-Ambiguous MTI and Doppler Filter System. ICASSP '76. *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 756-759.

Ispir, M., & Candan, C. (2013). Least Square and Min-Max Design of MTI Filters. Middle East Technical University.

Lara, F., & Ortiz, M. (2019). *Procesador Bayesiano de Señales de Radar para el Sistema Oerlikon. (Trabajo final de graduación)*, Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, Quito.

León Vasquéz, R. D. (1992). *Implementación del algoritmo de Kalman - Kalman-Random Walk*. Reporte interno: Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, Sao Jose dos campos - Br.

León Vásquez, R. D. (Febrero de 1992). *Sinal Eco de Radar*. Reporte interno: Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, Sao José dos Campos - Br.

Peréz, J. M. (2015). *Prueba de concepto de un radar pasivo multiestático para aplicaciones*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.

Qi-tu, Z., & Haykin, S. (1983). Tracking Characteristics of the kalman Filter in a nonestationary enviroment for adaptive filter applications. *IEEE Intern. Conf. Acoustic Speech Signal Processing*, 671-674.

Shrader, W., & Gregers-Hansen, V. (1970). *Radar Handbook*. Raythen Company.

Skolnik, M. (1981). *Introduction to Radar Systems* (Second ed.). Singapure: McGraw-Hill. doi:0-07-057909-1.

Widrow, B., & Hoff, M. (1960). Adaptive switching circuits. *WESCON Conv. Rec.*, 96-140.

Widrow, B., & Walach, E. (1984). On the statistical efficiency of the LMS algorithm with nonstationary inputs. *IEEE Transactions on Information Theory*, 30(2), 211-221.

Widrow, B., McCool, J. M., Larimore, M. G., & Johnson, R. C. (1976). Stationary and nonstationary learning characteristics of the LMS adaptative filter. *Proc. IEEE*, 64(8), 1151-1162.

Zelaya Chicas, W. (enero de 2004). *Diseño de un filtro digital adaptativo como cancelador de ruido basado en el algoritmo LMS*. (Trabajo de Graduación), Universidad de El Salvador, San Salvador.

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

Recebido/Submission: 17/12/2019
Aceitação/Acceptance: 05/02/2020

Influencia de los Intereses Marítimos en el Economía de Ecuador

Gustavo Pacheco[1], Teresa Guarda[1,2,3], José Avelino Victor[4,6], Isabel Lopes[5], Maria Fernanda Augusto[1,2,3]

gustavopachecobedon@gmail.com, tguarda@gmail.com, javemor@ismai.pt, isalopes@ipb.pt, mfg.augusto@gmail.com.

[1] Universidad de las Fuerzas Armadas, ESSUNA, Salinas, Ecuador.

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

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

[4] Instituto Politécnico da Maia, Maia, Portugal.

[5] UNIAG (Applied Management Research Unit), Polytechnic Institute of Bragança, Bragança, Portugal.

[6] Instituto Universitário da Maia, Maia, Portugal.

Pages: 665–679

Resumen: La presente investigación tiene como objetivo analizar los Intereses Marítimos en la economía del Ecuador durante los años 2012 al 2017, basado en los conceptos de la doctrina básica de la Armada del Ecuador y la teoría económica que permita demostrar la importancia del territorio marítimo ecuatoriano en la actividad económica. En ese sentido, en primer lugar se menciona los conceptos referentes a los componentes de los Intereses Marítimos. Luego, se pretende determinar la Conciencia Marítima del Ecuador a través de un modelo de regresión lineal durante el periodo propuesto. Además, se calcula los Recursos Pesqueros con respecto al Continente Americano basado en la ecuación de Índice de ventaja comparativa. Asimismo, se analiza la influencia de los puertos, infraestructura y flota mercante ecuatoriana en la economía del país; la infraestructura y ciencia y tecnología con respecto al Producto Interno Bruto (PIB); los organismos internacionales como instrumentos jurídicos para la explotación de los recursos del mar. Por último, se analiza el componente de Economía Marítima con respecto al PIB del Ecuador durante ese periodo.

Palabras-clave: Intereses Marítimos, Conciencia Marítima, Recursos Pesqueros, Economía Marítima.

Influence of Maritime Interests in the Economy of Ecuador

Abstract: The purpose of this research is to analyze the Maritime Interests in the economy of Ecuador during the years 2012 to 2017, based on the concepts of the basic doctrine of the Navy of Ecuador and the economic theory that allows to

demonstrate the importance of the Ecuadorian maritime territory in the economic activity. In that sense, the concepts related to the components of Maritime Interests are mentioned first. Then, it is intended to determine the Maritime Consciousness of Ecuador through a linear regression model during the proposed period. In addition, Fishery Resources are calculated with respect to the American Continent based on the Comparative advantage Index equation. Likewise, the influence of the ports, infrastructure and Ecuadorian merchant fleet on the economy of the country is analyzed; infrastructure and science and technology with respect to the Gross Domestic Product (GDP); international organizations as legal instruments for the exploitation of sea resources. Finally, the Maritime Economy component is analyzed with respect to Ecuador's GDP during that period.

Keywords: Maritime Interests, Maritime Awareness, Fishery Resources, Maritime Economy.

1. Introducción

Desde la antigüedad el mar ha sido de vital importancia para los pueblos, ya sea por el sustento alimenticio, la capacidad de comercio o exploración. En ese sentido, es indudable que ha permitido el desarrollo, no solo de una población específica, sino de la humanidad. Ya en el siglo XXI, el mar, como fuente natural de recursos vivos y no vivos; minerales; y transporte, permite atender las crecientes necesidades que, el comercio nacional e internacional demanda, por ende, incide en la economía de los Estados.

La localización del Ecuador forma parte de la cuenca del Pacífico, le otorga una zona geográfica económica, que, abarca a las regiones costeras de tres continentes: América, Asia y Oceanía. Está compuesta por 50 países que ocupan el 35% de la superficie del mundo, además, representan el 46% de habitantes y generan el 45% de la producción mundial; y el conjunto de éstos, poseen el 50% de las reservas agrícolas, energéticas, acuíferas y minerales del mundo. Por lo tanto, al Ecuador se le atribuye como punto de enlace y de integración del comercio exterior de Sudamérica con respecto al mundo (SENPLADES, 2018).

Del mismo modo, el Ecuador desde el año 2012 es signatario de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR), como instrumento jurídico que, reglamenta el uso pacífico, racional, justo y equitativo del mar, limita el perjuicio debido a los excesos de explotación de otros Estados. Así mismo, definió un territorio marítimo de 1.092.140,00 kilómetros cuadrados, constituyendo 5,3 veces superior al terrestre (IOAE, 2018).

Además, el comercio mundial apoya al crecimiento económico y al desarrollo de los países, lo que contribuye a reducir la pobreza en todo el mundo. Según la Organización Mundial de Comercio, OMC, desde el año 2006 al 2017, las exportaciones mundiales de mercancías aumentaron un 32%, es decir, 16 billones de dólares americanos. Del mismo modo, las exportaciones mundiales de servicios comerciales registraron un crecimiento del 64% y totalizó 4,77 billones de dólares (OMC, 2018). Otro punto es que, el 90% de la carga mundial de esas mercancías se transporta por vía marítima (Moreira Calderón, 2018), por consiguiente, la ubicación y territorio marítimo de un país son factores que contribuyen a la economía.

Con estos fundamentos, se puede afirmar que, el territorio marítimo ecuatoriano tiene una importancia muy significativa en la actividad económica del país. Por lo tanto, el objetivo general del presente ensayo es analizar la influencia de los Intereses Marítimos en la economía del Ecuador durante los años 2011 al 2017.

En primer lugar, se menciona la Doctrina Básica de la Armada del Ecuador y la teoría económica que es la base para el análisis del presente trabajo. Del mismo modo, se detalla el pensamiento de Thomas Mahan en la importancia del Poder Marítimo como base del desarrollo de los pueblos; la doctrina básica de la Armada del Ecuador, la cual, conceptualiza los Intereses Marítimos y sus componentes; y, finalmente, los indicadores macroeconómicos de desarrollo de los países.

Después, se identifica los intereses marítimos del Ecuador y la realidad económica durante los años 2011 al 2017. Lo que confirma y demuestra la importancia del mar y sus recursos en la economía del Ecuador.

También, se analiza cómo cada componente de los Intereses Marítimos ha influido en la economía del país, a través, de los datos obtenidos de organismos nacionales e internacionales. Para lo cual, se usó el coeficiente de correlación de Pearson, la varianza de factores comunes ; y un modelo estadístico sencillo de regresión lineal para medir la Conciencia Marítima en el Ecuador. Luego, se analiza la ventaja comparativa de los recursos pesqueros con respecto al continente americano. Además, se analiza: la influencia de los puertos, infraestructura y flota mercante ecuatoriana en la economía del país; la infraestructura ciencia y tecnología con respecto al PIB; los organismos internacionales como instrumentos jurídicos para la explotación de los recursos del mar; y la economía marítima en el PIB ecuatoriano.

Finalmente, se concluye que los Intereses Marítimos influyeron sustancialmente en la economía del Ecuador durante los años 2011 al 2017. No obstante, los resultados señalados con anterioridad abren la posibilidad de nuevas investigaciones con respecto al tema.

2. Intereses Marítimos y Economía Conceptos

La Armada del Ecuador, en el Plan de Apoyo al Desarrollo Marítimo Nacional, y la Dirección General de los Intereses Marítimos (DIGEIM), en el libro Ecuador y los Intereses Marítimos, conceptualizó las teorías del almirante Alfred Thomas Mahan sobre el Poder Marítimo. Los documentos señalan el pensamiento del almirante norte americano, determina la importancia del Poder Marítimo como base para el desarrollo de los pueblos, en consecuencia, aquellos que dispongan de facilidades marítimas y los medios, les permitirá aprovechar los beneficios del mar, influenciarán en el mundo.

2.1. Poder Marítimo

Los factores que intervienen en el poder marítimo de la una nación son: Posición Geográfica, Conformación Física (costa, clima y recursos naturales); Extensión Territorial, Población, Carácter del Pueblo (actitud comercial y mentalidad marítima); y, Carácter de los Gobernantes (políticas para explotación del mar).

El Poder Marítimo es una expresión del Poder Nacional que se desarrolla, fortalece y crece en tiempo de paz; y, en emergencia nacional, utiliza los recursos para afrontarla. En definitiva, es "la capacidad de una nación para proyectar en los océanos, en tiempo de paz, su poderío económico y en época de emergencia, su movilidad de defensa" (DGIM, 2004).

Según la Armada del Ecuador el Poder Marítimo es la capacidad de crear, desarrollar, explotar y defender los Intereses Marítimos de un país, tanto en la paz como en la guerra. En el más amplio de los sentidos, es poder político, económico y militar ejercido a través de la habilidad de usar el mar en beneficio propio. (Armada del Ecuador, 2013).

2.2. Intereses Marítimos

Los Intereses Marítimos son "todas aquellas actividades que desarrolla el Estado y los particulares para el aprovechamiento del espacio y de los recursos, dentro de las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, del litoral y de los fondos marinos, con el fin de generar beneficios políticos, económicos y sociales para la nación"; simultáneamente (Fig.1) el Poder Naval es el factor militar responsable de la protección de los Intereses Marítimos (Armada del Ecuador, 2013).



Figura 1 – Elementos del Poder Marítimo

Según la Armada del Ecuador los Intereses Marítimos son "todas aquellas actividades que desarrolla el Estado y los particulares para el aprovechamiento del espacio y de los recursos, dentro de las aguas sometidas a la jurisdicción nacional, del litoral y de los fondos marinos, con el fin de generar beneficios políticos, económicos y sociales para la nación"; simultáneamente (ver Figura 1) el Poder Naval es el factor militar responsable de la protección de los Intereses Marítimos (Armada del Ecuador, 2013). Los intereses marítimos son todos los elementos tangibles e intangibles al hombre, que sirven para explotar el mar y sus recursos, al igual que todas las actividades que tienen relación directa e indirecta con éste, por lo tanto, la Doctrina Básica de la Armada del Ecuador los ha clasificado en seis grupos y se conceptualizan así:

1. La conciencia marítima. Es la capacidad que poseen los habitantes de un país para comprender, aceptar y valorar el grado de dependencia que tienen con el mar, ya sea por supervivencia o la seguridad.
2. El complejo geomarítimo. Es el conjunto de caracteres marítimos, distintivos de un país, derivados de su condición y entorno geográfico, y de cómo el ser humano se ha valido de éstos. Del mismo modo, los factores como la extensión

del mar territorial, dependencia económica de un Estado con los recursos del mar, posición relativa con respecto a los grandes centros mundiales de comercio y política, entre otros.

3. El sistema de la marina mercante. Es el conjunto de organismos y medios que posibilitan el transporte de pasajeros y el intercambio comercial por vía acuática de cabotaje e internacional. Se compone de rutas marítimas y los puertos. En el sistema se movilizan los buques, transportando personas o carga.
4. Infraestructura científica y tecnológica. La primera es el grado de conocimiento científico sobre el mar y los fenómenos que en él se producen. En cambio, la tecnología abarca los medios destinados a la exploración y explotación de los recursos renovables y no renovables del mar.
5. Organismos, convenios y tratados internacionales. Compone los organismos internacionales orientados a legislar y regular las actividades marítimas.
6. La economía marítima. Son todas aquellas actividades que realiza el hombre, desde las más simples hasta las más complejas, relacionadas con el mar, de modo que generan recursos económicos para el país.

2.3. Conceptos de Economía

Según Gregori Mankiw "La economía es el estudio del modo en que la sociedad gestiona sus recursos escasos" (Mankiw, 2001). Según este concepto, implícitamente afirma que los recursos de una población son limitados, por lo tanto, el objetivo de la economía es estudiar el modo en que los agentes económicos[1] deciden sobre ellos. En un sentido más amplio, estudia la motivación y la conducta de los individuos y las empresas; los recursos; la creación de riqueza; la producción, distribución y consumo de bienes y servicios para satisfacer necesidades humanas (Krugman, Obstfeld, & Melitz, 2012).

Los principios son: las alternativas, beneficios, costos e incentivos, que intervienen en las decisiones de los agentes económicos. Del mismo modo, asimila que, el comercio es beneficioso; los mercados son un buen mecanismo para los intercambios entre las personas; y, cuando los resultados del mercado tienen algún fallo o si los resultados no son equitativos, el Estado puede mejorarlos. Finalmente, la economía en su conjunto precisa que: la productividad es la fuente de los niveles de vida; el crecimiento del dinero es la fuente de la inflación; y la sociedad se enfrenta a un dilema entre la inflación y el desempleo. Estos fundamentos son propios de la macroeconomía.

La macroeconomía. Es el estudio de la economía en su conjunto. Por lo tanto, el objetivo principal es explicar los cambios económicos que afectan al mismo tiempo a muchos hogares, empresas y mercados. Por ejemplo: la inflación, el desempleo y el crecimiento económico.

El producto interno bruto (PIB). Es el dato económico que mide la renta total de un país (Mankiw, 2001). Es considerado importante, debido a que se piensa que es el mejor indicador de bienestar económico de una sociedad. El PIB es el dato económico que mide la renta total de un país (Mankiw, 2001). Es considerado importante, debido a que se piensa que es el mejor indicador de bienestar económico de una sociedad, y que mide

[1] Agentes económicos: Personas o instituciones, que, motivados por intereses propios, adoptan acciones y decisiones en el aspecto económico.

la renta total de todos los agentes económicos y el gasto total de la producción de bienes y servicios de la economía. En definitiva, la renta total y el gasto total deben ser iguales, dicho de otro modo, los ingresos y gastos son lo mismo (Mankiw, 2001) .

La identidad del PIB de la economía de un país muestra cómo se divide la renta nacional, obtenida a partir de la venta de sus productos y servicios, entre las ventas a los residentes y las ventas a los no residentes (extranjeros). Como se puede observar en la fórmula 1, el PIB, está compuesto por el Consumo, La Inversión, el Gasto Público, las Exportaciones e Importaciones.

$$PIB = C+I+G+E-M \quad (1)$$

El consumo (C). Se entiende como la parte del PIB que es adquirida por el sector privado para satisfacer sus necesidades. Para ilustrar, en esta categoría están: la comida, pagos por servicios médicos, adquisiciones de electrodomésticos, pago de entradas al cine, etc.

La inversión (I). Abarca la parte del PIB que las empresas privadas utilizan para asegurar la producción en el futuro. Los desembolsos realizados para incrementar el stock de capital de una nación. El acero y los ladrillos utilizados para construir una fábrica forman parte del gasto de inversión, al igual que lo son los gastos ocasionados por la prestación de un servicio técnico que contribuye a la fabricación de ordenadores para las empresas. Es preciso señalar que la compra de bonos no forma parte del PIB, debido a que no se adquiere ni un bien ni un servicio.

El gasto público (G). Cualquier gasto en la adquisición de un bien o servicio por parte de la administración central, regional o local, se clasifica como gasto público en el PIB. En él se incluyen los gastos en defensa nacional, las subvenciones del Estado a la lucha contra el cáncer, así como los fondos públicos destinados a financiar el mantenimiento de las autopistas o, inclusive, la educación.

Exportaciones e importaciones (E-M). Es el resultado de la diferencia entre las exportaciones y las importaciones de bienes y servicios, también conocida como la Balanza por Cuenta Corriente o la Balanza Comercial. Cuando las importaciones de un país son superiores a sus exportaciones, se dice que dicho país tiene un déficit por cuenta corriente o déficit en la balanza comercial. Por el contrario, si un país tiene un superávit por cuenta corriente o por balanza comercial cuando las exportaciones son mayores que sus importaciones. No obstante, el comercio de un país solo está equilibrado en contadas ocasiones.

3. Los Interéses Marítimos en la Economía del Ecuador

La conciencia marítima tiene el objetivo principal de fomentar en los pueblos el valor del mar y sus recursos para el desarrollo, sin embargo, cuantificar este componente y conocer la influencia en la economía del Ecuador requiere de una técnica de investigación científica. Para eso, se aplicará la técnica deductiva, es decir, ir de lo general a lo específico (Nel Quezada, 2010), para analizar los datos cuantitativos y cualitativos de la conciencia marítima en el Ecuador.

Según la Real Academia de Lengua Española, fomentar significa “promover, impulsar o proponer algo”, por lo tanto, para lograr conciencia marítima en el Ecuador, se necesita de acciones educativas o programas en la comunidad, que cumplan con ese objetivo.

La educación en el Ecuador desde el año 1990 al 2015, se ha comportado de manera positiva, permitiendo contribuir a la enseñanza en la población del país. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en esos años la proporción de la población de 15 a 19 años con educación primaria completa pasó del 93.8% en 1990, al 98.8% en el 2015; la proporción de la población de 20 a 24 años con educación secundaria completa del 45% en el 2000, al 64.9% en el 2015; la tasa de alfabetización de las personas de 15 a 24 años del 96.2% en 1990 al 98.8% en el 2015.

El gasto público en esos rubros con respecto al PIB del Ecuador incrementó del 1.2% en el año 2000 al 4.2% en el 2015. Dicho de otro modo, el gobierno ha cuadriplicado su inversión educativa en 15 años.

En consecuencia, para efectos del análisis, se considera que la educación en el Ecuador ha evolucionado positivamente, y que los esfuerzos del Estado en ese rubro se han cuadriplicado. De esta manera, se descarta que la falta de educación primaria, secundaria y alfabetización en el país, no han permitido crear conciencia marítima en el Ecuador. No obstante, según Decreto Ejecutivo Nro. 990 del 12 de enero del 2012, dispone que, la institución pública encargada de fomentar la conciencia marítima es la Armada del Ecuador, a través de la Dirección General de Intereses Marítimos (DIGEIM), tiene la misión de:

“Apoyar al desarrollo marítimo nacional mediante el asesoramiento técnico al Comandante General de la Armada y su representación ante organismos nacionales e internacionales en aspectos relacionados a los Intereses Marítimos, el apoyo al Desarrollo Comunitario y la Difusión y Fortalecimiento de la Conciencia y Cultura Marítima nacional; a fin de contribuir a la defensa de la soberanía y la integridad territorial, y la seguridad pública y del Estado” (DGIM, 2018)

Lo que corresponde a la difusión y el fortalecimiento de la conciencia y cultura marítima nacional, la DIGEIM durante el 2011 al 2017 ha mantenido las siguientes tareas: Por consiguiente, basado en los Informes de Gestión Institucional de la DIGEIM, años 2011 al 2017, en los Anexos A y B del presente trabajo, se detalla la cantidad de actividades, que, para efectos del análisis se agruparon en cuatro grupos: conciencia marítima, PEAMCO, desarrollo marítimo e INHIMA, así mismo, el número de personas beneficiadas. Se verifica que hubo un promedio de 132.760 personas beneficiadas por actividades de conciencia marítima en el Ecuador durante los años 2011 al 2017, lo que equivale al 0.84% de la población ecuatoriana.

Por otro lado, intentar abarcar todas las actividades que ejecuta la DIGEIM para promulgar la conciencia marítima y analizar cómo influyen en la economía del país, equivaldría una investigación científica más formal. Sin embargo, para efectos de este trabajo, se formula la siguiente hipótesis (Hi): a mayor presupuesto de la DIGEIM, mayor número de personas beneficiadas. Para analizar la relación entre estas variables, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, la varianza de factores comunes ; y un modelo estadístico sencillo de regresión lineal, para lo cual, se las definió de la

siguiente manera: la cantidad de personas beneficiadas (dependiente) y el presupuesto de la DIGEIM (independiente).

En consecuencia, los resultados fueron: la relación entre el presupuesto de la DIGEIM y el número de personas beneficiadas en conciencia marítima tienen una correlación positiva débil, por lo tanto, se rechaza la Hi. No obstante, debido a que, el coeficiente de correlación de Pearson fue del 0,13; y el del 3%; los datos son importantes. Es decir, el grado de correlación de presupuesto de la DIGEIM y el número de personas beneficiadas en conciencia marítima equivale al 13%; y la variabilidad del presupuesto influye en un 3% sobre la cantidad de personas beneficiadas en conciencia marítima. En términos monetarios, la influencia de la conciencia marítima, a través de las acciones de la DIGEIM, en el PIB ecuatoriano se han mantenido constante en un 0.0012%, destacando que, a pesar de la caída del PIB en el año 2015, la conciencia marítima no tuvo variaciones considerables. Es decir, a pesar de que el PIB ecuatoriano se redujo en los años 2011 al 2017, las acciones de la DIGEIM en conciencia marítima fueron constantes.

En conclusión, los esfuerzos de la DIGEIM en fomentar la conciencia marítima en el Ecuador influyeron en el PIB del Ecuador en un promedio de 0.0012% durante los años 2011-2017, destacándose el año 2015 con un valor superior de 0.0014% a pesar de que la economía ecuatoriana cayó un -2.39% con respecto al año anterior. Así mismo, en términos económicos, ese gasto está relacionado en un 13% con el total de ecuatorianos beneficiados en conciencia marítima; y la variación de éste, influye en un 3% en el fomento de la conciencia marítima del Ecuador. Sin embargo, se puede deducir que existen otras variables que influyen en el 87% restante.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU), el 30 de abril de 1982, propuso definir los espacios oceánicos de soberanía de los Estados, se materializó en la Convención Internacional sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR). Según (Tobar Fierro, 2017) representa un proceso histórico orientado a prevalecer el derecho y la razón en las relaciones internacionales. Dicho de otro modo, es la conquista de la igualdad de derechos entre todas las naciones para el uso y el aprovechamiento del mar, como medio de transporte y comunicación; fuente de recursos biológicos y minerales para toda la humanidad.

De hecho, los océanos cubren casi las tres cuartas partes de la superficie de la tierra y el 97% de los seres vivos del planeta (Stacey Moreno, 2010). La World Wildlife Fund, en términos económicos, afirma que el mar genera productos y servicios por un valor mínimo de $ 2,5 trillones de dólares cada año, y la pesca genera 260 millones de trabajos (WorldWildlife, 2018). De la misma forma, el informe “Reviviendo la Economía del Océano” (Hoeg Guldberg, 2015) menciona que los recursos del océano constituyen la séptima economía a escala mundial. Además, destaca la cuantificación subestimada del océano como un bien, el cual, asciende a $ 25.000 billones de dólares, sin considerar el petróleo, gas costero y energía eólica, al igual que los beneficios intangibles en la regulación del clima.

Finalmente, lo expuesto en la Figura 10, calcula los bienes y actividades vinculados al océano, destacándose los $ 6.9 billones relacionados a los beneficios directos del océano como: pesquerías marinas, manglares, arrecifes de coral, pastos marinos; $ 5.2 billones vinculados al comercio y transporte marítimo, a través de las vías de navegación; $ 7.8

billones correspondientes a los bienes cercanos a los ecosistemas marino costeros y en actividades como el turismo; por último, $ 4.3 billones de los bienes adyacentes, uno de ellos para la absorción de carbono (Hoeg Guldberg, 2015). Por otro lado, para este componente, los caracteres marítimos del Ecuador para este análisis son:

- Extensión del mar territorial, el Territorio Ecuatoriano está compuesto por: Plataforma Continental, Región Insular y la Plataforma Marítima, que, sumando, se estima un total de 1´362.810,25 kilómetros cuadrados de espacio geográfico nacional. La extensión de los espacios marítimos es de 1´092.140,25 kilómetros cuadrados, constituyendo 5,3 veces superior al terrestre. Está dividido en las siguientes áreas: Aguas Interiores, Mar Territorial, Zona Contigua y Zona Económica Exclusiva, hasta 200 millas contadas a partir de la línea de base. En ésta última, el Estado posee los derechos de exploración, explotación, conservación y administración de los recursos naturales disponibles (IOAE, 2018).
- Posición relativa a los centros mundiales de comercio y política. La localización del Ecuador forma parte de la cuenca del Pacífico, la cual, le otorga una zona geográfica económica, que abarca a las regiones costeras de tres continentes: América, Asia y Oceanía, compuesta por 50 países que ocupan el 35% de la superficie del mundo, al mismo tiempo, representan el 46% de habitantes y generan el 45% de la producción mundial; y el conjunto de éstos, poseen el 50% de las reservas agrícolas, energéticas, acuíferas y minerales del mundo (SENPLADES, 2018). Por lo tanto, al Ecuador se le atribuye como punto de enlace y de integración del comercio exterior de Sudamérica con respecto al mundo.
- Dependencia de los recursos del mar. El Ecuador, por su ubicación y condiciones océano-atmosférica; contienen importantes recursos que sostienen la economía nacional (DGIM, 2004). Así mismo, su posición geográfica le proporciona ventajas como: ser un país ribereño al Océano Pacífico, poseer las islas Galápagos, facilidad de presencia en los hemisferios norte y sur, presencia en la Antártida y la Cuenca Asia-Pacífico (Gómez Proaño, 2016). También, tiene alta diversidad de ecosistemas en el territorio marino costero, donde las playas, estuarios, acantilados, lagunas costeras y las costas rocosas son de mayor representatividad. En consecuencia, los recursos pesqueros generan fuentes de trabajo, alimentación y contribuyen en la economía del país.

La dependencia de los recursos del mar y la posición relativa a los centros comerciales, son favorables para el Ecuador, sin embargo, los autores lo han afirmado bajo una perspectiva cualitativa y no cuantitativa, ni tampoco se lo ha comparado con los competidores más cercanos (continente americano).

En ese sentido, y bajo los principios de la economía, en que el comercio puede mejorar el bienestar de todo el mundo, los mercados constituyen un buen mecanismo para organizar la actividad económica y que el Estado puede mejorar a veces los resultados del mercado, la fórmula 2 perteneces el índice de Ventaja Comparativa Revelada (VCR), el cual, según (Arias Segura & Segura Ruiz, 2018) es un indicador del desempeño y de la competitividad producto-comercial de un país.

El VCR es un indicador práctico para determinar, en forma indirecta, las ventajas comparativas que tiene un país. Además, tiene propósitos generales: procurar una asignación más eficiente de los recursos que dispone un país; ampliar el intercambio comercial; buscar la especialización en actividades más rentables y con mayor valor agregado; y evaluar el desempeño productivo y comercial que ha tenido el país en un periodo dado; todo con la finalidad de mejorar el bienestar general de la nación. Como es evidente, analizar todos los datos que genera el VCR son propios de una investigación más profunda, sin embargo, como se ha descrito con anterioridad, para el presente ensayo se evaluará el desempeño y competitividad de los recursos pesqueros del Ecuador.

Los años 2011 al 2017; el país muestra ventaja comparativa en las exportaciones y desventaja comparativa en las importaciones de productos del mar. La desventaja comparativa revelada en las importaciones indica que el mercado internacional no compite con la comercialización de los recursos del mar y que la demanda de productos del mar extranjeros es limitada (productos del mar extranjero no es demandado por el Ecuador).

En conclusión, el Ecuador desde el año 2011 al 2017, gracias a la extensión del mar territorial, su posición relativa a los centros de comercio y la dependencia de los recursos del mar, le han permitido mantener una ventaja comparativa, buen desempeño productivo y comercial de esos productos respecto a los países del continente americano. Por lo tanto, ha mejorado el bienestar general de la nación. Así mismo, el índice de ventaja comparativa mostró que el país debe buscar una mayor especialización en su comercio, puesto que, en algunos años sus importaciones superaron a las exportaciones de otros productos extranjeros.

El 90% del Comercio mundial circula por vía marítima. La flota mercante mundial se constituye de más de 85.000 buques, y el valor de los intercambios y del transporte por esta vía es superior a $ 155.000 millones de dólares americanos. Por lo tanto, el comercio marítimo está en expansión (ONU, 2002). En ese sentido, según la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), el transporte marítimo y las operaciones portuarias a nivel mundial representan aproximadamente el 80% del comercio mundial por volumen y más del 70% del valor monetario (UNCTD, 2017).

Por otra parte, el año 2016, el promedio del volumen de exportaciones e importaciones del comercio mundial de mercancías registró un crecimiento del 1,3%, constituyéndose la tasa más baja desde la crisis financiera del año 2008. De la misma forma, se situó por debajo de la media anual del 4.7% (desde 1980) (OMC, 2017).

El sistema de la marina mercante, el comercio y la economía de los países, están relacionados entre sí. A continuación, para efectos del presente ensayo, se analizará el sistema mercante ecuatoriano, desde la perspectiva económica, por lo tanto, los puertos e infraestructura portuaria; y los buques, posibilitan el 90% de las exportaciones e importaciones, por vía marítima, del Ecuador (Moreira Calderón, 2018).

Lo correspondiente al grado de influencia del Sistema Portuario Nacional en las exportaciones ecuatorianas el resultado, en promedio, muestra que, el comportamiento del volumen de carga es de 25´564.270 (en toneladas métricas) y la participación monetaria de 21.382´630.000,00 dólares del total de las exportaciones por vía marítima

del Ecuador durante los años 2011 al 2017. De la misma forma, es preciso destacar que, en promedio, la carga petrolera representó el 51% y la no petroleras un 49% de lo exportado, por vía marítima, en ese período. Respecto a la carga del Sistema Portuario Nacional en las importaciones, en promedio, se movilizan 15´200.000 (toneladas métricas) y representan $ 20.910´709.000,00 dólares en la economía ecuatoriana.

En conclusión, en promedio, la influencia de las exportaciones e importaciones, por vía marítima, en el PIB del Ecuador. Conviene destacar el comportamiento de las exportaciones en el año 2015, que, a pesar de la reducción del PIB en ese año, llegaron a influir en un 12% en la economía ecuatoriana. Sin embargo, las exportaciones netas, en el resto del periodo, representó un saldo negativo; es decir, el Ecuador, en términos económicos, ha comprado más de lo que ha vendido al exterior.

La flota ecuatoriana, hasta el año 2017, está compuesta por: 45.432 unidades, entre buques, barcos industriales, atuneros, bolicheros, entre otras. Según la Tabla 6 los buques de tráfico internacional con bandera ecuatoriana son 24, los de carga general 2.545, pesca 36.490, y turismo o recreación 6.373.

Para conocer la incidencia de la flota mercante en la economía del Ecuador, es preciso analizar que, además de los buques de tráfico internacional con bandera ecuatoriana, el 90% de la carga de las importaciones y exportaciones por vía marítima las realizan los buques de bandera internacional (Moreira Calderón, 2018). En ese contexto, debido a que, en el mundo, paulatinamente se ha limitado el concepto de "reserva de carga"[2] de los países, facilitó a las grandes multinacionales abarquen la movilización de las mercancías; de la misma forma, cambió la unidad de media de cajas, sacos, pallets, etc, al contenedor de 20 pies (TEUS)[3] .

Lo que respecta a los servicios de transporte marítimo en el Ecuador, se en promedio, durante los años 2011 al 2017ha experimentado un -7,8% en el comercio internacional de esos servicios. Dicho de otro modo, el ecuador ha contratado más servicios de transporte marítimo que los prestados, registrando un saldo negativo en la economía de ese sector.

La ONU reconoce que las ciencias del mar permiten aumentar los conocimientos mediante actividades sostenidas de investigación y aplicarlos a la ordenación y a la adopción de decisiones que contribuyan a erradicar la pobreza; proteger la seguridad alimentaria; a conservar el medio y los recursos marinos del mundo; a comprender y predecir los fenómenos naturales; a responder a ellos y fomentar el desarrollo sostenible de los océanos y mares (ONU, 2015). Por consiguiente, el Ecuador, a través, del Instituto de Oceanográfico de la Armada (INOCAR) "planifica, dirige, coordina y controla las actividades técnicas y administrativas relacionadas con el Servicio de Hidrografía, Navegación, Oceanografía, Meteorología, Ciencias del Mar, Señalización Náutica, así como la administración del material especializado con su actividad" (IOA, 2018).

Además, en el Ecuador existen otras instituciones, dignas de mencionar, que aportan conocimiento a la investigación, ciencia y tecnología del mar, tales como: el Instituto Antártico Ecuatoriano (INAE), encargado de fomentar la participación permanente en

[2] Cantidad de carga reservada para el transporte de empresas nacionales de un país.
[3] Unidad de medida al contenedor de 20 pies. Puede transportar un peso de 26.000 kilogramos (Twenty-foot Equivalent Unit)

las actividades de investigación científica en la Antártida (IAE, 2018); Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), entidad técnico-científica responsable de la generación y difusión hidrometereológica en el Ecuador (INMH, 2018); Instituto Nacional de Pesca (INP), realiza investigaciones científicas y tecnológicas de los recursos bioacuáticos para desarrollar la actividad pesquera en el Ecuador (INP, 2018); Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), universidad que, entre su misión, hace investigación, innovación, transferencia de tecnología.

El Ecuador a través de las principales tareas del INOCAR, bajo la perspectiva económica, se ha beneficiado de la investigación científica. En consecuencia, se analiza la influencia de este componente, en función del Gasto Público, en el PIB ecuatoriano. En promedio, los ingresos recaudados y los gastos del INOCAR con respecto al PIB ecuatoriano es del 0.04%. Además, se aprecia que desde el año 2013, esos valores, han disminuido hasta el año 2017.

De modo similar, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), expone que, el Ecuador, en promedio, orienta recursos a la Investigación, Ciencia y Tecnología en un 0.40% respecto al PIB (BID, 2018).

Extrapolando, se entiende que el Ecuador, en promedio, orienta los recursos económicos a la investigación, ciencia y tecnología en un 0.40%, de los cuales, el 0.04% son hacia el área marítima durante los años 2011 al 2017. Por lo tanto, el INOCAR, en promedio, influye en un 0.04% en la economía ecuatoriana.

Ningún país puede permanecer aislado del contexto marítimo internacional, por que comercio exterior significa interrelación con el mundo (DGIM, 2004). Bajo ese contexto, el Derecho del Mar, según (Dávalos Suarez, 2015) es relativamente joven, puesto que en el año de 1982 se firma la CONVEMAR, en la cual, se logró normar lo fondos marinos, plataforma continental, alta mar, la zona económica exclusiva y el mar territorial. Por añadidura, se crearon organizaciones internacionales que regulan dichas actividades.

Debido a que el Ecuador está vinculado a las organizaciones internacionales para normar el espacio y las actividades concernientes al ámbito marítimo, en consecuencia, le otorga respaldo jurídico e institucional para ejercer la explotación y el comercio de los recursos del mar. Por lo tanto, la influencia de este componente en la economía del Ecuador, como base legal internacional, le ha permitido desarrollar los demás componentes de los intereses marítimos del país en los años 2011 al 2017.

La Economía Marítima se incorporó a los intereses marítimos del país, para analizar las actividades económicas del hombre relacionadas con el mar. Es la generación de la riqueza real de los productos del mar (Armada del Ecuador, 2013).

Debido a que en el mar existen varios recursos como: petróleo, gas, minerales, entre otros; sin embargo, esos recursos no son producidos por el mar. Por lo tanto, para efecto de este trabajo, se define que los recursos relacionados con el mar son los pesqueros.

Anteriormente se explicó las fluctuaciones de la economía ecuatoriana relacionadas con los componentes de los intereses marítimos, sin embargo, no se analizó, en detalle, cómo los recursos pesqueros afectaron a las exportaciones del ecuador.

Recapitulando los conceptos, el PIB, es un indicador macroeconómico que equivale al valor monetario de todos los bienes y servicios producidos en el país. También es llamada Renta Nacional, estas definiciones son determinadas en función de los tipos de gasto que la generan: Consumo, Inversión, Gasto Público y la Balanza Comercial. Ésta última variable refleja la diferencia entre las Exportaciones y las Importaciones de bienes y servicios de un país, de modo que si existe un saldo positivo se entiende como superávit o en su defecto déficit comercial. (Krugman, Obstfeld, & Melitz, 2012)

Extrapolando, las exportaciones no petroleras del Ecuador, por producto, se constituyen principalmente en dos grupos, los "Tradicionales" y "No Tradicionales". En el primero están: el banano, plátano, camarón, cacao, atún y pescado; en el segundo: el café, flores naturales, enlatados de pescado, aceites vegetales y harina de pescado, entre otros. No obstante, para el análisis se los agrupó en "Productos del Mar": camarón; atún y pescado; enlatados de pescado; harina de pescado; y otros elaborados en el mar. Los cuales, se detallaron en el "Anexo G".

Según el BCE, las exportaciones de productos del mar con respecto al PIB, en promedio, representó el 4% del total durante los años 2011 al 2017 (BCE, 2018). De la misma forma, con respecto al total de las exportaciones, en promedio, fue del 16%. No obstante, es preciso destacar el 24% del año 2017, que obtuvo una mayor participación de los productos del mar en el total de exportaciones durante los últimos 7 años.

En conclusión, los productos del mar, durante los años 2011 al 2017, han ganado importancia en la economía ecuatoriana. En ese contexto, como se visualizó en la Figura 20, a pesar de que el PIB y las Exportaciones del país han sufrido fluctuaciones, los productos del mar fueron constantes del 4%. Es más, el año 2017 alcanzó una participación del 24%, casi la cuarta parte de las exportaciones ecuatorianas. Por lo tanto, los productos del mar en la economía ecuatoriana durante los años 2011 al 2017 influyeron positivamente.

4. Conclusiones

Según la doctrina básica de la Armada del Ecuador y el pensamiento de Thomas Mahan, permitió identificar que, la conciencia marítima; el complejo geomarítimo; el sistema de la marina mercante; la infraestructura científica y tecnológica; los organismos, convenios y tratados internacionales; y, la economía marítima, son los componentes de los intereses Marítimos del país. Del mismo modo, la teoría económica, basada en principios fundamentales, permitió relacionar el producto interno bruto, el índice de ventaja comparativa y la balanza comercial, como indicadores de bienestar económico de una sociedad.

Según los datos obtenidos de los años 2011 al 2017, en promedio y en términos económicos; la conciencia marítima se ha mantenido constante en un 0,0012% a pesar de la caída paulatina del PIB, beneficiando a un 0,84% de la población ecuatoriana; el complejo geomarítimo ecuatoriano otorga una ventaja comparativa de los productos del mar con respecto al continente americano; el sistema de la marina mercante movilizó un promedio de 25 millones de TM y el valor monetario promedio de 21 mil millones

de dólares en la economía del país; la Infraestructura Ciencia y Tecnología registró un promedio del 0.04% de influencia en el PIB; los organismos, convenios y tratados internacionales le otorgan al país la base legal para desarrollar los componentes de los intereses marítimos; y, finalmente, los productos del mar, parte de la economía marítima, se mantuvieron constantes en un 4% con respecto al PIB del periodo analizado.

Cuantificada la influencia de los componentes de los intereses marítimos en la economía del Ecuador, durante el periodo 2011 al 2017, los indicadores de bienestar económico permitieron reflejar la influencia positiva que ejerció sobre la economía ecuatoriana durante ese periodo. Por lo tanto, confirma y demuestra la importancia del mar para mejorar el bienestar de la población ecuatoriana

Referencias

Arias Segura, J., & Segura Ruiz, O. (2018, junio 10). *Índice de Ventaja Comparativa Revelada: Google Académico*. Retrieved from http://repiica.iica.int/DOCS/B0550E/B0550E.PDF

Armada del Ecuador. (2013). *Doctrina Básica de la Armada*. Quito: Comandancia General de la Armada del Ecuador.

BCE. (2018, mayo 4). *Evolución de la Balanza Comercial enero a diciembre de 2017*. Retrieved from Banco Central del Ecuador: www.bce.fin.ec

BID. (2018, julio 2). *Estadíticas: Banco Interamericano de Desarrollo*. Retrieved from Banco Interamericano de Desarrollo: https://www.iadb.org/es

Dávalos Suarez, J. (2015). *La Gobernanza de los Espácios Marítimos del Ecuador*. Quito: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

DGIM. (2004). *Ecuador y los Intereses Marítimos*. Quito: Dirección General de Intereses Marítimos.

DGIM. (2018, junio 10). *Nosotros: Misión y Visión*. Retrieved from Dirección General de Intereses Marítimos: http://digeim.armada.mil.ec/index.php/nosotros/mision-y-vision/

Gómez Proaño, H. (2016). *La Oceanopolítica Ecuatoriana: Mar Equinoccial*. Retrieved from Humberto Gómez, La Oceanopolítica Ecuatoriana, Guayaquil, Academia de Guerra Naval de la Armada

Hoeg Guldberg, O. (2015). *Reviviendo la economía del océano: la necesidad de actuar*. Gland: WWF International.

IAE. (2018, julio 2). *Misión y Visión: Instituto Antártico Ecuatoriano*. Retrieved from Instituto Antártico Ecuatoriano: http://www.inae.gob.ec/index.php/mision-y-vision/

INMH. (2018, julio 02). *Misión Visión: Instituto Nacional de Metereología e Hidrología*. Retrieved from Instituto Nacional de Metereología e Hidrología: http://www.serviciometeorologico.gob.ec/valores-mision-vision/

INP. (2018, julio 02). *Misión Visión: Instituto Nacional de Pesca*. Retrieved from Instituto Nacional de Pesca: http://www.institutopesca.gob.ec/la-institucion/

IOA. (2018, junio 10). *Misión y Funciones: Instituto Oceanográfico de la Armada*. Retrieved from Instituto Oceanográfico de la Armada: https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/institucion/mision-y-funciones

IOAE. (2018, Junio 7). *Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador*. Retrieved from Carta Didáctica del Territorio Marítimo del Ecuador: www.inocar.mil.ec

Krugman, P. R., Obstfeld, M., & Melitz, M. J. (2012). *Economía Internacional: Teoría y Política*. Madrid: Pearson Educación, S.A.

Mankiw, G. (2001). *Principles of Economics*. Orlando: Saunders College.

Moreira Calderón, J. (2018). El Negocio Marítimo en la Actualidad [Recorded by Cámara Marítima del Ecuador]. Guayquil, Guayas, Ecuador.

Nel Quezada, L. (2010). *Metodología de la Investigación*. Lima: Macro E.I.R.L.

OMC. (2017). *Examen estadístico del comercio mundial 2017: Organización Mundial del Comercio*. Retrieved from Organización Mundial del Comercio: www.wto.org/estadisticas

OMC. (2018, junio 10). *Examen Estadístico de Comercio Mundial 2017*. Retrieved from Organización Mundial del Comercio: https://www.wto.org/spanish/res_s/statis_s/wts2017_s/wts17_toc_s.htm

ONU. (2002). *Un planeta, un océano: Desarrollo sostenible de los océanos y las zonas costeras UNESCO*. Retrieved from Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura UNESCO: http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001263/126392s.pdf

ONU. (2015, diciembre 23). *Resoluciones de la Asamblea General: Naciones Unida*. Retrieved from Organización de las Naciones Unidas: http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/70/235

SENPLADES. (2018). *Plan Nacional de Desarrollo "Toda una Vida"*. Quito.

Stacey Moreno, D. (2010). *La adhesión del Ecuador a la Convención de las Naciones Unidas Sobre el Derecho del Mar: Revista Afese*. Retrieved from http://www.revistaafese.org/ojsAfese/index.php/afese/article/view/448

Tobar Fierro, E. (2017). *El Ecuador y la Convención de las Naciones Unidas Sobre el Derecho del Mar: Google Académico*. Retrieved from https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&as_ylo=2014&q=EL+ecuador+y+la+convenci%C3%B3n+de+las+naciones+unidas+sobre+el+derecho+del+mar&btnG=

UNCTD. (2017). *United Nations Conference on Trade and Development. eview of Maritime Transport*. United Nations Publication.

WorldWildlife. (2018, junio 10). *Oceanos: World Wildlife*. Retrieved from World Wildlife: https://www.worldwildlife.org/initiatives/oceans

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

Recebido/Submission: 30/11/2019
Aceitação/Acceptance: 31/01/2020

La economía de la defensa: de la teoría a la realidad en América Latina

Angie Fernández Lorenzo[1], Zlata Borsic Laborde[1], Darwin Manolo Paredes Calderón[1]

aafernandez2@espe.edu.ec; zdborsic@espe.edu.ec; dmparedes@espe.edu.ec

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

Pages: 680–691

Resumen: El desarrollo de la industria de la defensa ha constituido por años un anhelo para los gobiernos nacionales que aspiran disminuir los niveles de dependencia tecnológica exógena en tan estratégico sector. En el presente trabajo se realiza un análisis teórico en relación a los principales fundamentos que reflejan las posibilidades de desarrollo de la economía e industria de defensa de un Estado, a partir de una breve revisión de la situación actual en Latinoamérica y para el caso ecuatoriano, los antecedentes desde el punto de vista político y económico que permitan desarrollar dicho sector en el país. Aplicando métodos teóricos de investigación, se realizó un análisis de los principales sustentos teóricas para la temática; el desarrollo histórico general en América Latina y en específico en Ecuador, con el objetivo de determinar las principales pautas para el desarrollo de la industria de defensa en Ecuador. Se reconocieron las diferencias entre el gasto en defensa de América Latina respecto a otras regiones del mundo, así como la baja calidad del gasto que implica que los mayores rubros no se dediquen precisamente a investigación-desarrollo; situación similar en Ecuador, limitando la operacionalización de la política pública respectiva.

Palabras clave: Economía de la defensa, industria de la defensa, seguridad, Fuerzas Armadas.

Defense Economy: From theory to reality in Latin American

Abstract: The development of the defense industry has for years been a longing of national governments that aspire decrease indicators of exogenous technological dependence in such a strategic sector. In this paper, a theoretical analysis is carried out in relation to the main foundations that drive the development of the defense economy of a State, based on a brief review of the current situation in Latin America and for the Ecuadorian case, the background from the political point of view and economic, that allow to develop this sector in the country. Applying theoretical research methods, an analysis of the main theoretical support was made; the general historical development in Latin America and specifically in Ecuador, with the objective of determining the main guidelines for the development of the defense industry in Ecuador. The differences between the defense expenditure of Latin America with respect to other regions of the world were recognized, as well as the

low quality of the expenditure that implies that the major items are not dedicated precisely to research-development; similar situation in Ecuador, limiting the operationalization of the respective public policy.

Keywords: Defense economics, defense industry, security, Armed Forces.

1. Introducción

El nacimiento de la ciencia económica y del liberalismo económico se atribuye a Smith (1776), quien a fines del siglo XVIII publicó el libro denominado *la riqueza de las naciones*, obra en la que presentó un estudio sistemático y complejo de la economía, esencialmente, acerca del proceso de creación y acumulación de la riqueza. A partir de ahí, muchos autores han estudiado esta ciencia. Tal es el caso de Chang (2003) y en especial, Skousen (1994), quien señala que la economía estudia la forma en la que los individuos transforman los recursos naturales en productos y servicios finales que pueden ser utilizados por las personas, coinciden con este criterio Villa & Pozo (2016).

En el contexto de desarrollo de la ciencia económica ha existido preocupación por abordar el sector de la defensa, considerando sus particularidades en relación con los actores que convergen, la institucionalidad, los procesos de financiamiento y adquisición, y el conjunto de problemas investigados (Sandler & Hartley, 1995). Estos autores reconocen que la variedad de opciones o decisiones a manejar en el ámbito de la defensa, como en otros sectores, se debe plasmar en la política pública respectiva. En otro de sus trabajos, Hartley (1995) manifiesta las particularidades que juegan en este sector, las políticas industriales en relación a la adquisición de equipamiento, insumos y otros materiales relacionados con las capacidades de las fuerzas armadas, reconociendo la importancia de que las naciones valoren la combinación de opciones entre la colaboración internacional, la producción con licencia y las compensaciones.

La industria de la defensa se ha reconocido como una disciplina que propone un modelo de gestión o de negocios que aspira a reducir el empleo de recursos económicos destinados para la adquisición del equipamiento requerido para enfrentar los retos del sector defensa en cada país (Salazar, 2019). En América Latina específicamente, el desarrollo de esta industria no ha sido históricamente homogéneo, existiendo países con una práctica más relevante que el resto, como son Brasil, Chile, Argentina y Colombia, según Parra, Játiva & Vásquez (2019); en estos países, se evidencia la aplicación de políticas públicas sólidas para impulsar el desarrollo de este sector, sobre la base de las relaciones entre diferentes actores como el Estado, las empresas, la academia y los organismos de defensa.

En el presente trabajo se realiza un análisis de los principales sustentos teóricos relacionados con la industria de la defensa, el desarrollo histórico general en América Latina y específicamente en Ecuador, con el objetivo de determinar las principales pautas para el desarrollo de la industria de defensa en Ecuador. La investigación realizada fue de carácter exploratorio, aplicando métodos de investigación como el histórico, sistémico y observación de datos secundarios de fuentes oficiales.

2. Un análisis teórico e histórico sobre la economía e industria de la defensa

Mankiw (2012) señala que el término economía proviene de la palabra griega *oikonomos* que significa *el que administra un hogar*, enfatiza que los hogares y la economía se encuentran estrechamente relacionados, ya que en ambos casos, se deben gestionar los escasos recursos de manera adecuada y para ello, se necesita del gobierno, porque la mano invisible de la economía sólo funciona cuando el gobierno vela por que se cumplan las reglas y mantiene las instituciones clave para el funcionamiento del libre mercado así como, para defender los derechos de propiedad de las personas, que según Mankiw (2012), consiste de la destreza que poseen los individuos para tener, ejercer propiedad y control sobre los recursos escasos, considerando que, el libre mercado se basa en la creencia de una sociedad libre en la que los individuos están mejor si son dejados a su libre albedrío, sin que el gobierno guíe sus acciones, es decir, que los actores económicos se motivan a actuar en el mercado con el fin de cumplir su propio interés.

Por lo tanto, la mano invisible del mercado, a través del interés personal de los actores, es la que promueve el bienestar económico de la sociedad (Smith, 1776) y que la economía de mercado o libre mercado consiste en una economía que asigna sus recursos mediante las decisiones descentralizadas de numerosos hogares y empresas que interactúan en el mercado para conseguir bienes y servicios; sin embargo, la intervención del gobierno también es necesaria para promover la eficiencia y la equidad en la asignación de recursos cuando se presente una falla del mercado, es decir, una situación en la que el mercado no está en capacidad de asignar de manera eficiente los recursos, pero el mercado también puede generar errores por diversas causas, una de ellas es el denominado poder de mercado, que se refiere a la habilidad que tiene una persona, o un pequeño grupo de personas, para inferir en los precios de determinados bienes.

Cabe destacar que dentro de la economía existen algunos constructos que no se pueden pasar por alto, tales como: la economía positiva, la economía normativa, la microeconomía y la macroeconomía; siendo que, la economía positiva se enfoca en la descripción de las relaciones causa-efecto de los fenómenos económicos, la economía normativa establece las normas que rigen la manera en la que los actores del mercado realizan diversas actividades, tales como: comprar, vender y comercializar; la microeconomía se encarga de estudiar el comportamiento económico de agentes económicos individuales, tales como: el mercado, los consumidores, las empresas, los trabajadores y los inversores, centrados en factores como los bienes, los precios, los mercados y la macroeconomía estudia el funcionamiento global de una economía como un todo, explica la evolución de los agregados económicos, tales como: el producto interno bruto, el nivel general de precios, el índice de desarrollo humano, la tasa de desempleo, entre otros (Villa & Pozo, 2016).

De acuerdo con el desarrollo social, la demanda de medios materiales para la defensa fue imponiendo la división y especialización del trabajo para generar una producción eficiente; de manera que, la fabricación de carros de guerra, barcos o armas de fuego propició el desarrollo de fábricas, fundiciones, astilleros y arsenales. Esta industria estaba a cargo del poder político a través de las Reales Fábricas de Armas; de manera posterior, con la revolución industrial de finales del siglo XVIII sobrevino una nueva

transformación de la industria de la defensa, debido al desarrollo de la máquina de vapor como un método de producción industrial, más eficiente, que permitió reducir el esfuerzo físico humano asociado al proceso de fabricación, inicialmente en la industria textil y posteriormente en la producción militar. Sin embargo, la necesidad natural de un Estado de estar debidamente preparado para sostener su soberanía e integridad territorial obliga a una mayor demanda de materiales, herramientas, inversión en investigación y tecnología, en sí, dinamizó significativamente la industria de la defensa; siendo uno de los ejemplos más destacados, la construcción naval liderada por la Elswick Ordnance Company del industrial William Armstrong.

El desarrollo histórico del concepto de economía de la defensa demuestra la preocupación sobre la base del concepto "interés nacional entendido como la integración de los intereses políticos y económicos de una unidad geográfica en un todo llamado nación, haciendo predominar lo propio, frente a las ideas, las políticas y las acciones externas" (Castro-Gómez, Flores-Malagón, Hoyos, & Millán, 2013, pág. 44). De acuerdo con Jiménez (2016) la defensa nacional como bien público requiere de políticas que permitan atender las necesidades sociales en temas de seguridad y defensa, en lo que la economía de este sector debe dirigirse a dotar de las capacidades estratégicas requeridas.

En este sentido, Fonfría (2012) define a la economía de la defensa como el punto de unión entre un conjunto de herramientas analíticas, aportadas por la disciplina de la economía, con un conjunto de cuestiones provenientes de las relaciones internacionales, es decir, que la economía de la defensa constituye un campo aplicado de la economía que adapta varias divisiones de esta rama, tales como: macroeconomía, organización industrial y comercio internacional, a las características especiales que posee el mundo de la defensa. Este autor considera que la principal tarea de la economía de la defensa consiste en desarrollar un marco analítico que incluye a las instituciones especializadas del sector de la defensa al momento de tratar problemas económicos-políticos; hace hincapié en el hecho de que aspectos como el gasto en defensa, el empleo o el cambio tecnológico son de utilidad al momento de realizar la asignación de recursos, distribución de la renta o de analizar el crecimiento económico aplicado a temas de la defensa.

Fonfría (2012) señala la existencia de tres factores que afectan el gasto en defensa: militares, económicos y políticos; lo que conduce a razonar sobre el impacto que el gasto en defensa genera sobre el crecimiento económico de los países, por lo tanto, la economía de la defensa y seguridad internacional trata sobre diversos aspectos, tales como: acciones de disuasión, inicio y final de las guerras; interacciones estratégicas, carreras armamentistas, control de armas; fomentar alianzas, velar por la asignación de recursos para la defensa; economía de la defensa durante guerras, paz, desarme y conversión; movilización, recuperación de postguerra y reconstitución de fuerzas; preparación militar y política de defensa; contratación y adquisiciones de defensa; ayuda internacional, economías en desarrollo y defensa del tercer mundo; gestión internacional, economías en desarrollo y defensa en el tercer mundo; atención a amenazas no gubernamentales, terrorismo, drogas, refugiados, fanatismos étnicos y religiosos; conflictos debido a la escasez de recursos medioambientales.

Saint-Pierre y Zague (2014) plantean que el alcance de la industria de la defensa determina la autonomía e independencia estratégicas del sector de la defensa, con énfasis en las articulaciones transparentes entre las instituciones de defensa, el empresariado y los centros de investigación y desarrollo, tanto civiles como militares. Por su parte, Briones, Bernal & Nieto (2017) se enfocan hacia las relaciones estructurales entre los que interactúan en la industria de la defensa, con base a dos indicadores clave: la innovación y la competitividad. Los propios autores Bernal & Nieto (2019) abordan desde el punto de vista empírico las relaciones que deben modelarse entre organismos públicos y privados en el marco de una red de gestión de la innovación de la industria de defensa, reconociendo potencialidades para generar alianzas estratégicas sostenibles.

En este orden de ideas, Martí (2018) señala que la industria que suministra los bienes y servicios requeridos para la defensa posee características diferentes a las de otros sectores de la economía, debido a que las operaciones militares deben realizarse con procedimientos eficientes y efectivos que permitan alcanzar los objetivos de seguridad, para lo cual, se requieren de medios materiales para lograr dicha efectividad y eficiencia. Con relación a la legislación que regula a este sector, Vílchez (Vílchez, 2018) manifiesta lo complejo que es para el sector no contar por lo general con un marco normativo específico, como es el caso europeo, enmarcándose en la legislación general del sector industrial y del sector defensa. De forma general, puede reconocerse que este sector ha estado marcado por influencias del contexto histórico, que indican que por ejemplo en la actualidad se vea marcado por el crecimiento de su enfoque administrativo en el desarrollo de modelos de I+D+i en colaboración plena entre industria, sector defensa, sector académico y empresarial (Briones, 2017).

3. Economía e industria de la defensa en América Latina

Durante siglos, en América Latina las políticas en materia de defensa y seguridad internacional, defensa nacional y seguridad interior han sido responsabilidad de los poderes ejecutivo y legislativo, con participación limitada de las fuerzas armadas y otras instituciones del sector defensa (Ugarte, 2004). La región ha estado históricamente marcada por economías atrasadas, desigualdades sociales, entornos políticos polarizados, y escasa democratización y legitimidad en la función pública (Gadea, 2017), lo que no deja de marcar pautas para el sector defensa.

Numerosos autores coinciden en los grandes desafíos que debe enfrentar la región latinoamericana, como son el narcotráfico, la migración, el crimen organizado, entre otros, implicando serios retos para la actividad de la seguridad y defensa (Pérez, 2020), en cuanto a las alternativas de uso de recursos, generación de políticas tendientes a la atención de problemas emergentes u otras con mayor carácter expansivo y estratégico, como son las de desarrollo autónomo de la industria de la defensa. Ugarte (2004) señala que, a inicios del siglo XXI, debido a la consolidación de la vigencia del sistema democrático y el desarrollo de avances en las relaciones civiles-militares, se produjeron cambios significativos en algunos países de Latinoamérica, como por ejemplo Argentina y en menor grado, Chile, Brasil y Perú. Cabe destacar que, dentro de un régimen democrático las fuerzas armadas deben subordinarse a las políticas establecidas por las autoridades civiles debidamente constituidas. A pesar de ello, las relaciones entre los

civiles y los militares se mantuvieron dentro de límites en los que los civiles aceptaron la autonomía militar sobre asuntos corporativos (beneficios salariales, retiros, promociones) y de defensa (tipo de armas a ser compradas, adiestramiento necesario, organización de la defensa).

En este sentido, Levitsky y Roberts (2011), apuntan que, en lo que va del siglo XXI, en Sudamérica se ha logrado superar de manera general las históricas relaciones conflictivas entre los gobiernos y las fuerzas armadas, lo que imprime una mayor estabilidad en el marco de gobiernos democráticos; que unido a ciertas coyunturas económicas favorables relacionadas con el incremento de los precios de las materias primas que exportan los países sudamericanos, en especial el petróleo, han marcado un periodo de mayor estabilidad macroeconómica para los países de la región, a pesar de los desajustes estructurales acumulados en las décadas anteriores (Landa & Arriaga, 2017). Sin embargo, Battaglino (Battaglino, 2015) señalan que, existen algunas variaciones en el tipo de interacción político-militar que mantienen las naciones, tales como: el grado de relevancia política que los gobernantes asignan a la defensa y a las fuerzas armadas, el grado de poder político que poseen los militares y la expansión en la asignación de misiones relacionadas a la seguridad interna y el mantenimiento del control civil y del orden democrático. La evidencia empírica de los últimos años en América Latina en cuanto al porcentaje que representa el gasto militar del Producto Interno Bruto (PIB) denota valores que oscilan sobre el 1%, lo que puede observarse en la Tabla 1.

País	2014	2015	2016	2017	2018	Promedio
Argentina	0.88	0.85	0.81	0.86	0.85	0.85
Bolivia	1.9	1.74	1.63	1.54	1.5	1.66
Brasil	1.33	1.37	1.35	1.42	1.47	1.39
Chile	1.96	1.9	1.92	1.94	1.89	1.92
Colombia	3.13	3.13	3.08	3.19	3.17	3.14
Cuba	3.54	3.08	3.07	2.87	---	3.14
Ecuador	2.74	2.62	2.51	2.36	2.38	2.52
El Salvador	1.04	1.07	1.04	1.05	1.03	1.04
Guatemala	0.42	0.4	0.42	0.36	0.35	0.39
México	0.66	0.66	0.56	0.5	0.54	0.58
Nicaragua	0.69	0.78	0.64	0.62	0.61	0.67
Paraguay	0.99	1.07	0.95	0.89	0.93	0.97
Perú	1.58	1.72	1.3	1.24	1.19	1.41
Uruguay	1.81	1.82	1.88	1.98	1.95	1.89
Venezuela	1.16	0.94	0.45	0.49	---	0.76
América Latina y el Caribe	1.29	1.28	1.24	1.26	1.26	1.27

Fuente: Elaboración propia con base a datos del Banco Mundial (2020).

Tabla 1 – Porcentaje de gasto militar en el Producto Interno Bruto en América Latina y el Caribe

Como se observa, los porcentajes de gasto militar en América Latina son de manera general bajos, siendo el promedio en el quinquenio 2014-2015 de 1.27%, cifras por debajo de otras regiones, como se muestra en la Tabla 2. Los países latinoamericanos que en dicho periodo tuvieron un mayor gasto militar respecto al PIB fueron Colombia, Cuba, Ecuador y Uruguay.

Región	Promedio
América del Norte	3.08
Europa y Asia Central	1.72
Oriente medio y África del Norte	5.78
África al sur del Sahara	1.27

Fuente: Elaboración propia con base a datos del Banco Mundial (2020).

Tabla 2 – Promedio de gasto militar en el Producto Interno Bruto en regiones del mundo período 2014-2018

Independientemente de estas cifras, el desarrollo de la industria de la defensa en los diferentes países latinoamericanos depende de la política pública y las estrategias específicas, tomando en consideración que aún es una deuda el tema de la calidad del gasto, tal como reconoce la Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL (2019, pág. 1): "Los niveles y la calidad del gasto en la región son insuficientes para superar las trampas de desarrollo y lograr la Agenda 2030. La región necesita aumentar y mejorar el gasto en componentes sociales, incluidas la salud y la educación. También se necesita impulsar la inversión en investigación y desarrollo, y otras políticas de innovación para reforzar la competitividad". Esta realidad es generalizable a casi todas las esferas del gasto público, marcado por un limitado potencial expansivo de la inversión en la región latinoamericana, de acuerdo con Esquivel & Loaiza (2018).

4. Pautas para el desarrollo de la industria de defensa en Ecuador

Con base al análisis teórico realizado y el desarrollo de la economía e industria de la defensa en América Latina, en el presente apartado se realiza una sistematización de aspectos que deberían considerarse para el futuro despliegue de mencionado sector en Ecuador; lo que se muestra en la Tabla 3.

Objetivo socioeconómico	2012	2013	2014
Total	100,00%	100,00%	100,00%
Agricultura	21,43%	15,07%	12,92%
Sistemas políticos y sociales, estructuras y procesos	13,84%	14,82%	12,90%
Salud	11,65%	11,71%	11,74%
Ambiente	11,67%	11,69%	10,60%
Producción y tecnología industrial	11,96%	7,53%	11,99%
Transporte, telecomunicaciones y otras infraestructuras	6,18%	8,31%	6,98%

Objetivo socioeconómico	2012	2013	2014
Exploración y explotación del medio terrestre	6,16%	5,63%	5,08%
Cultura, ocio, religión y medios de comunicación	4,29%	5,69%	6,42%
Energía	3,44%	7,08%	4,45%
Educación	3,92%	4,28%	5,15%
Avance en conocimiento I+D financiada con fondos de universidades	2,63%	3,06%	6,76%
Defensa	1,34%	2,63%	2,41%
Avance general del conocimiento I+D financiada con otras fuentes	0,90%	1,93%	1,96%
Exploración y explotación del espacio	0,60%	0,55%	0,66%

Nota. Los datos que se presentan son los más actuales que publica el Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República de Ecuador. Fuente. Elaboración propia con base en Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - INEC (2015).

Tabla 3 – Gasto en I+D en Ecuador según objetivo socioeconómico

Los datos estadísticos de la Tabla 3 tienen su origen en las estadísticas nacionales (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - INEC, 2015); respecto de la inversión en investigación-desarrollo (I+D) por sector socioeconómico. El gasto en actividades de ciencia y tecnología en la década anterior en Ecuador ascendió por ejemplo de 2012 a 2014 en un 55%; mientras que el gasto en investigación- desarrollo subió en 54%, de acuerdo con fuentes oficiales [28], las que representan como promedio el 0,5% del PIB, cifra baja respecto a algunos países de la región mencionados anteriormente. En la Tabla 3 se observa la distribución del gasto en investigación y desarrollo respecto a objetivos socioeconómicos, notándose que en el sector defensa la cifra oscila en el 2% del total, valor considerado como ínfimo en relación con otros sectores.

Este tipo de gasto (investigación y desarrollo militar) en Ecuador es reconocido, con base a la metodología de la Unión de Naciones Suramericanas - UNASUR (2011), como parte del gasto no permanente, el cual ha sido en los últimos años bajo y sin impactos en otros rubros como el sistema de armas (Mieles, 2018). Por lo que, de acuerdo con la evidencia encontrada en la investigación de Mieles, se requiere una mayor asignación presupuestaria para investigación-desarrollo en el sector defensa en Ecuador, a fin de generar bienes y servicios con base tecnológica, tanto dirigidos al uso interno como la exportación.

Por su parte, en la Tabla 4 se muestra el sector de ejecución del gasto en defensa en el país, notándose que las empresas constituyen el sector que más se gasta en I+D, convirtiéndose por tanto en un importante actor a tomar en consideración en relación con el desarrollo potencial del sector defensa en el país.

Sector de ejecución	2012	2013	2014
Total	100,00%	100,00%	100,00%
Gobierno	24,75%	31,61%	36,81%

Sector de ejecución	2012	2013	2014
Educación superior	16,37%	17,46%	19,47%
ONG	1,63%	1,87%	1,42%
Empresas	57,25%	49,06%	42,30%

Nota. Los datos que se presentan son los más actuales que publica el Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República de Ecuador. Fuente: Elaboración propia con base en el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - INEC (2015).

Tabla 5 – Gasto en I+D en Ecuador según sector de ejecución

De la tabla anterior puede denotarse que no es precisamente el gobierno quien más recursos dedica a la investigación en el país, lo que puede convertirse en una limitante al momento de ejecutar la política pública de "Contribuir al desarrollo nacional mediante actividades de cooperación intersectorial, investigación e innovación en las industrias de la defensa", consignado como objetivo estratégico en el Libro Blanco de la Defensa en el país (Ministerio de Defensa del Ecuador, 2018).

Ante estas evidencias, se reconoce un importante desafío para el sector defensa en el país ante la aspiración de convertir a la industria de defensa en una fuente de desarrollo de las capacidades estratégicas de fuerzas armadas, lo cual, a pesar de estar incorporado desde hace varios años en la política pública como uno de sus principales objetivos, no cuenta ni con el financiamiento público ni con la articulación de los actores (empresariado, universidades, gobierno, etc.) requeridos (Parra, Játiva, & Vásquez, 2019).

Por lo tanto, se reconoce la necesidad de continuar profundizando en los estudios que permitan modelar una propuesta teórica y metodológica capaz de lograr su aplicación práctica de manera efectiva y rápida, de acuerdo con las demandas del país.

5. Conclusiones

Como parte de la disciplina de economía de la defensa, en el ámbito latinoamericano, se ha venido reconociendo la importancia de dedicar presupuestos públicos al sector defensa, y específicamente al desarrollo de la industria nacional que garantice autonomía e independencia tecnológica en relación con las capacidades estratégicas de fuerzas armadas.

Los valores de gasto en defensa con relación al Producto Interno Bruno en América Latina son bajos en comparación con otras regiones del mundo; existiendo igualmente observaciones respecto del uso y calidad del gasto en la región.

En Ecuador el gasto en investigación-desarrollo para el sector defensa es bajo con relación a otros sectores socioeconómicos, y especialmente por parte del gobierno; lo que implica que las bajas asignaciones presupuestarias para la actividad no permitan ejecutar satisfactoriamente la política pública de dinamización de la industria de la defensa.

Se requiere incorporar otros actores, especialmente a las empresas, como parte del sistema de actores a considerar en el modelo de gestión de la industria de defensa en Ecuador, al ser el sector de mayor ejecución de gasto en investigación desarrollo.

Referencias

Banco Mundial. (2020). *Indicadores de gasto militar*. Obtenido de https://datos.bancomundial.org/indicator/MS.MIL.XPND.GD.ZS?view=chart

Battaglino, J. (2015). Políticos y militares en los gobiernos de la nueva izquierda sudamericana. *Política y Gobierno, XXII (1)*, 3-43.

Bernal, J., & Nieto, C. (2019). El efecto mediador de las alianzas estratégicas sobre la gestión de la innovación y la sostenibilidad. Análisis empírico de la industria de defensa. *Economía industrial, 412*, 139-142.

Briones, A. (2017). Evolución de la gestión del conocimiento, transferencia e innovación en la Industria de Defensa. *Cuadernos de estrategia, 194*, 139-168.

Briones, A., Bernal, J., & Nieto, C. (2017). Relaciones Inter-organizativas de la industria de defensa: su influencia en la innovación y cooperación y su efecto sobre la competitividad. *Journal of Globalization, Competitiveness & Governability, 11(3)*, 20-37.

Castro-Gómez, S., Flores-Malagón, A., Hoyos, G., & Millán, C. (2013). *Pensamiento colombiano del siglo XX. Volúmen 1*. Bogotá: Instituto Pensar.

Chang, H. (2003). *Patada a la escalera: La verdadera historia del libre comercio*. Nueva York: Universidad de Cambridge.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL. (2019). *Perspectivas de América Latina 2019, 36*. Santiago de Chile. Retrieved from https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44525/4/S1900182_es.pdf

Esquivel, M., & Loayza, M. (2018). Inversión en infraestructura y crecimiento económico, relevancia de factores institucionales. *Economía & Sociedad, 23(53)*, 40-61.

Fonfría, A. (2012). Sobre la naturaleza y alcance de la Economía de la Defensa. *Revista del Instituto Español de Estudios Estratégicos, 79*, 1-21.

Gadea, C. (2017). La dinámica de la modernidad en América Latina: Sociabilidades e institucionalización. *Revista Austral de Ciencias Sociales, 13*, 55-67.

Hartley, K. (1995). *Handbook of Defense Economics*. Amsterdam: Elsevier.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos - INEC. (2015). *Ecuador en cifras*. Quito. Obtenido de https://www.educacionsuperior.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/Boletin_Analitico_SENESCYT_Diciembre-2018.pdf

Jiménez, J. (2016). *Un análisis macroeconómico de los efectos de la inversión en defensa nacional sobre la base industrial y tecnológica en España*. Madrid: Universidad Rey Juan Carlos.

Landa, H., & Arriaga, R. (2017). Crecimiento, competitividad y restricción externa en América Latina. *Investigación económica, LXXVI (300)*, 53-80.

Levitsky, S., & Roberts, K. (2011). *The Resurgence of the Latin American Left*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press .

Mankiw, G. (2012). *Principios de Economía*. México: Cengage Learning Editores.

Martí, C. (2018). *La industria europea de defensa. Un análisis prospectivo*. Madrid: Fundación Alternativas.

Mieles, J. (2018). *Análisis del gasto en defensa en el Ecuador: en el marco de la metodología de medición de gastos de defensa de UNASUR*. Quito: Instituto de Altos Estudios Nacionales.

Ministerio de Defensa del Ecuador. (2018). *Política de la Defensa Nacional del Ecuador "Libro Blanco"*. Quito: Ministerio de Defensa, 66 .

Parra, H., Játiva, A., & Vásquez, F. (2019). Industria de la defensa y desarrollo de capacidades estratégicas en Ecuador. *Revista Internacional del Mundo Económico y del Derecho, XVII*, 1-12.

Pérez, D. (2020). Reflexiones sobre transformaciones e incertidumbres en América Latina. Estado & Comunes. *Revista de políticas y problemas públicos, 1(10)*, 171-179.

Saint-Pierre, H., & Zague, J. (2014). La industria de la defensa y la autonomía estratégica: el caso de Brasil. *Revista Patria, 2(4)*, 181-193.

Salazar, D. (2019). Nuevos desafíos ante las amenazas actuales: ¿A qué se enfrenta la industria de la defensa? . *Economía Industrial*, 412, 33-42.

Sandler, T., & Hartley, K. (1995). *The economics of defense*. Nueva York: Cambridge University Press.

Skousen, M. (1994). *La economía en tela de juicio: mentiras, mitos y realidades* . Boston: Addison-Wesley Iberoamericana.

Smith, A. (1776). *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations. La riqueza de las Naciones*. Reino Unido: William Strahan & Thomas Cadell.

Ugarte, J. (2004). *Formulación consensuada de políticas de defensa y seguridad en América Latina: la participación de la sociedad en decisiones fundamentales*. Las Vegas: Las Vegas: 2004 Meeting of the Latin America Studies Association. Obtenido de https://www.resdal.org/experiencias/lasa-04-ugarte.pdf

Unión de Naciones Suramericanas - UNASUR. (2011). *Centro de Estudios Estratégicos de Defensa. Informe final: diseño de una Metodología Común de Medición de Gastos de Defensa*. Obtenido de http://ceed.unasursg.org/Espanol/09-Downloads/Doc-Lineas/Metodologia_Comun.pdf

Vílchez, M. (2018). La industria de defensa en el marco europeo. *Revista Internacional de Doctrina y Jurisprudencia, 19*, 1-22.

Villa, J., & Pozo, J. (2016). *Análisis del desempleo y subempleo en el Ecuador y su impacto en las condiciones de vida de la población urbana, período 2007-2014*. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

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

Recebido/Submission: 10/12/2019
Aceitação/Acceptance: 23/02/2020

Análisis factorial de la Escala de Actitud hacia la Estadística: Estudio con estudiantes de las Escuelas de Formación de Oficiales Militares de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Margarita Palma MBA[1], Flor Garcés MSc[1], Sandra Canalias MSc[1], Pablo Albán MSc[2]

mdpalma3@espe.edu.ec, fegarces@espe.edu.ec, sscanalias@espe.edu.ec, pfalban1@espe.edu.ec

[1] Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Seguridad y Defensa, Unidad Académica Especial Salinas (ESMA – ESSUNA), Santa Elena, 240104, Ecuador.

[2] Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolqui, 171103, Ecuador.

Pages: 692–700

Resumen: El trabajo presenta una investigación de tipo descriptivo, cuyo objetivo es analizar la influencia que existe entre cinco factores dimensionales que han sido estudiados en la escala de actitudes hacia la estadística, diseñada y validada por Auzmendi (1992), a partir de las respuestas dadas a los ítems por una muestra de 219 estudiantes de las escuelas de formación de oficiales militares. Los principales resultados indican: en el análisis exploratorio la edad promedio de los entrevistados es de 21,3 años, 88.6 % son hombres y 11.4% son mujeres. La fiabilidad más alta en los factores se da en la Ansiedad (0.896) y la más baja en la Diversión (0.740); el análisis factorial extrae cinco factores dimensionales que explican un 66.362% de la varianza total de los datos considerando su aceptación. Se concluye que las técnicas de aprendizaje adecuadas motivarán el estudio de la materia y su aplicación en el campo laboral.

Palabras-clave: Actitud hacia la Estadística, Campo laboral, Régimen Militar, Formación.

Attitude towards Statistics: Study with students of the Military Officers Training Schools of the Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Abstract: The paper presents a descriptive research, whose objective is to analyze the influence that exists between five dimensional factors that have been studied in the attitude scale towards statistics, designed and validated by Auzmendi (1992), based on the answers given to the items for a sample of 219 students of military officer training schools. The main results indicate: in the exploratory analysis the average age of the interviewees is 21.3 years, 88.6% are men and 11.4% are women. The highest reliability in the factors occurs in Anxiety (0.896) and the lowest in Fun (0.740); The factor analysis extracts five dimensional factors that explain 66.362% of the total variance of the data considering its acceptance. It is concluded that

the appropriate learning techniques will motivate the study of the subject and its application in the labor field.

Keywords: Attitude towards Statistics, Labor Camp, Military Regime, Training.

1. Introducción

En el mundo de la Estadística se ha usado el concepto de actitud con una descripción que permite tratar la predisposición, con una cierta carga emocional, que influye en el comportamiento del ser humano.

Según (Gil, Blanco, & Guerrero, 2005) la definición remarca tres componentes básicos de la actitud: la cognición o creencias sobre el objeto actitud, el afecto o carga evaluativa de dichas creencias y una intención de conducta en relación a dicha actitud.

Según (Carmona, 2004), la concepción de forma general de cómo se conforman las actitudes hacia la estadística es compartida por la mayoría de los autores, sin embargo existe la controversia respecto de cuáles son las dimensiones que estructuran este constructo psicológico. Sin embargo se considera que las actitudes que presentan los estudiantes hacia la estadística, muchas veces puede estar influenciado en la forma como estos aprenden y rinden en este tipo de conocimientos.

Auzmendi (1992) indica que las actitudes hacia la estadística influyen en el proceso de enseñanza y aprendizaje, dado que cuando algo es congruentes con nuestras actitudes se aprende mejor que aquello que no concuerda con éstas o que nos produce un desagrado. Esta relación es bidireccional, dado que juega un papel importante en la formación de actitudes de los alumnos.

Entre la actitud y aprendizaje se puede determinar también la capacidad de razonar, abstracción, análisis e imaginación de los alumnos. Esta relación es evaluada si se considera el constructo "actitud hacia la estadística" como multidimensional.

Las actitudes negativas hacia las estadísticas están relacionadas con un bajo rendimiento y una integración mínima de los conocimientos y objetivos que se imponen en los planes educativos, lo cual interfiere en la forma de aplicar las competencias necesarias para desenvolverse como un futuro profesional.

De esta manera, podemos plantear dos situaciones, por un lado, aprender estadística en las ciencias militares permitirá que los alumnos desarrollen un pensamiento analítico y crítico en base a la aplicación del análisis lógico de alto nivel.

Una predisposición negativa, además de interferir en el rendimiento de los alumnos, se convierte en un limitante para que en la vida profesional se utilicen como una herramienta de trabajo.

A partir de estas situaciones, Estrada (2001) y Carmona (2004), revisan los instrumentos de evaluación, escalas y cuestionarios que permiten medir las actitudes y ansiedad hacia la estadística, existiendo aproximadamente 17 instrumentos de medida.

De todos los instrumentos que existen, el más utilizado en español, según Carmona (2004), es la "Escala de actitudes hacia la estadística" de Auzmendi (1992). Este fue creado debido a que no existían este tipo de instrumentos en español.

En el sistema educativo militar un aspecto de relevancia es que cada estudiante desarrolle sus habilidades potenciales. Es muy probable que existan factores que influyan positivamente o negativamente en el proceso de aprendizaje y desarrollo de sus habilidades en el campo profesional.

2. Antecedentes

2.1. Sistema de Educación Superior en las Escuelas de Formación de Oficiales militares

La Universidad de las Fuerzas Armadas (UFA-ESPE) tiene unidades especiales que la conforman las Escuelas de formación militar en las ramas naval, Escuela Superior Naval "Rafael Morán Valverde" (ESSUNA), de la aviación, Escuela Superior Militar de Aviación Cosme Rennella B. (ESMA), y en la rama terrestre, Escuela Superior Militar Eloy Alfaro (ESMIL), que debido a las características de la formación militar tienen un régimen distinto al de cualquier universidad civil. Los aspirantes que llegan a las Escuelas militares tienen un proceso de reclutamiento y adaptación, donde se forman de manera integral para responder a las exigencias militares; se preparan físicamente día a día al igual académicamente y en un horario específico. Se fortalece la disciplina de los aspirantes a oficiales.

2.2. Definición y medida del constructo de Actitudes hacia la Estadística

Las matemáticas dentro de la formación de los estudiantes tienen una gran importancia, puesto que ellos considerar que son los cursos más difíciles de estudiar. Es común observar el rechazo o en ciertos casos el temor a esta disciplina, lo que conlleva a la dificultad de aprender nuevos conceptos. Esta actitud negativa conduce a los estudiantes a un estado de ansiedad, que muchas veces obstaculiza el aprendizaje.

Fenenma & Sherman (1976), relacionan el término ansiedad como un estado de angustia que disminuye el razonamiento matemático, rendimiento y actitudes de los estudiantes. Entre las causas principales de la ansiedad hacia las estadísticas se cuentan autoestima baja y miedo al fracaso, lo cual provoca que el estudiante disminuya la capacidad de procesar la información que recibe. Como consecuencia se obstaculiza a sí mismo la capacidad para resolver problemas relacionados con las matemáticas.

Algunos estudios revelan una relación significativa entre razonamiento matemático, ansiedad matemática y actitud matemática. Se muestra que un estudiante con actitud positiva hacia la matemática, estarán más motivados y comprometidos en las clases y entenderán de manera más sencilla el material dado en clases, a diferencia de los que tengan actitud negativa. (Garry, 2005)

La relación entre actitud, aprendizaje y rendimiento académico en la Estadística ya ha sido revisada en diversas investigaciones a nivel internacional. Por citar un ejemplo, en Perú, una investigación realizada a estudiantes universitarios encontró que las actitudes difieren por edades y habilidades.

El Statistics Attitudes Survey (SAS), instrumento elaborado y validado por Roberts y Bilderback (1980), representa la primera definición operativa y medida específica del

constructo denominado actitudes hacia la Estadística. (BLANCO, 2008).El mismo fue elaborado con la intención de proporcionar un instrumento centrado en este ámbito y a partir de la tradición y trabajos disponibles en el área de las actitudes y la ansiedad hacia las matemáticas.

No existe una delimitación teórica o conceptual del constructo actitudes hacia la Estadística, los autores más bien asumen una aproximación clásica del ámbito matemático que va definiendo las actitudes a partir de diversos aspectos tales como agrado por el área o la materia, valor o utilidades atribuidas o autopercepción de capacidad, entre otras. Las escalas de actitudes hacia la Estadística adoptan el formato tipo Likert.

3. Protocolo de investigación

3.1. Metodología

Para el desarrollo del presente estudio se utilizó el cuestionario realizado por Auzmendi (1992). Está compuesto por 25 ítems que fueron diseñadas en base a una escala de respuestas tipo Likert de cinco opciones, las mismas que van desde Totalmente en Desacuerdo hasta Totalmente de Acuerdo, considerando un valor central "Ni de acuerdo ni en desacuerdo".

El cuestionario utilizado para este estudio se aplicó a 219 personas, entre hombres y mujeres, estudiantes de las Escuelas de formación militar ESSUNA, ESMA y ESMIL. Las edades de los entrevistados están comprendidas entre 18 y 25 años.

4. Resultados

Al realizar un análisis descriptivo a los datos recopilados para el estudio, se puede identificar que la edad promedio de los entrevistados es de 21,3 años, por el particular de haber sido aplicado el cuestionario en las Escuelas de formación militar ESSUNA, ESMA y ESMIL, se tiene que 88.6 % son hombres y 11.4% son mujeres. Del total de entrevistados, 38.4% tienen como lugar de estudio ESMA, 24.7% estudian en ESSUNA y 37% estudian en ESMIL.

Luego de realizado el análisis descriptivo a los datos, se realizó un análisis factorial de componentes principales y rotación varimax, el mismo es una técnica de reducción de datos que sirve para encontrar grupos homogéneos de variables ficticia pero a partir de un conjunto numeroso de variables real, se harán grupos homogéneos que se formaran con las variables que se correlacionen mucho entre sí, cuidando siempre que estos grupos sean independientes entre sí. Además se obtuvo las varianzas para cada uno de los factores y para la escala total.

Para evaluar la pertinencia del análisis factorial se estimó el estadístico de adecuación de la muestra de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de Barlett. Obteniendo los resultados, el Índice Kaiser Meyer Olkin (KMO) es 0.896 y el valor de la Prueba de Esfericidad de Bartlett es 0.000 siendo un buen indicador para utilizar el Análisis Factorial en el estudio

La fiabilidad de las puntuaciones de los estudiantes en la escala estimada mediante la prueba Alpha de Cronbach, indica que las respuestas a los ítems son confiables (α de Cronbach = 0.831)

Al analizar la Matriz de Correlación Anti imagen, donde se debe analizar los valores que tienen se encuentran en la diagonal y deben estar cercano a 1, se recomienda que se elimine aquella variable que sea la más baja, en el estudio se puede observar los valores y se encuentra que el valor más bajo es 0.618 que pertenece a la Variable # 16: "Para el desarrollo profesional de nuestra carrera considero que existen otras asignaturas más importantes que la estadística", que es la que se eliminará.

Al inicio la solución factorial se puede observar con 4 factores que explica el 61.867% de varianza acumulada.

Una vez eliminada la variable # 16, que no salió bien evaluada en la Matriz Anti imagen y en la Tabla de comunalidades se procede a ejecutar el proceso de Análisis Factorial. Obteniendo nuevos resultados, el Índice Kaiser Meyer Olkin (KMO) es 0.903 y el valor de la Prueba de Esfericidad de Bartlett es 0.000 lo cual indica que es bueno utilizar Análisis Factorial para el estudio.

Al momento de realizar el nuevo Análisis Factorial, eliminando la variable 16, se puede observar que al inicio la varianza total acumulada fue de 61.867% con cuatro factores mientras que al eliminar la variable 16, la solución factorial encontrada es de 5 factores, que explican el 66.362% de la varianza total.

De acuerdo a los resultados obtenidos y a los componentes se establecen cinco factores, cada factor con sus componentes de acuerdo a los resultados obtenidos quedan detallados de la siguiente manera:

Factor 1: Ansiedad

Está relacionado con aspectos de ansiedad, nerviosismo pero también se muestran aspectos respecto a seguridad. Este factor quedaría recogido en afirmaciones como las siguientes:

12. Cuando me enfrento a un problema de estadística me siento incapaz de pensar con claridad

2. La asignatura de estadística se me da bastante mal

17. Trabajar con la estadística hace que me sienta muy nervioso/a

22. La estadística hace que me sienta incómodo/a y nervioso/a

7. La estadística es una de las asignaturas que más temo

25. La materia que se imparte en las clases de estadística es muy poco interesante

10. La estadística puede ser útil para el que se dedique a la investigación pero no para el profesional medio

15. Espero tener que utilizar poco la estadística en mi vida profesional

5. La estadística es demasiado teórica como para ser de utilidad práctica para el profesional medio

Variables	12	2	17	22	7	25	10	15	5
Factor 1: Ansiedad	0.795	0.785	0.785	0.775	0.772	0.690	0.665	0.642	0.629

Tabla 1 – Factor 1: Ansiedad

Factor 2: Importancia

Está relacionado con ciertas connotaciones de satisfacción al tiempo que valoración sobre la asignatura. Este factor quedaría recogido en afirmaciones como las siguientes:

19. Me gustaría tener una ocupación en la cual tuviera que utilizar la estadística

21. Para el desarrollo profesional de mi carrera una de las asignaturas más importantes que ha de estudiarse es la estadística

24. Si tuviera oportunidad me inscribiría en más cursos de estadística de los que son necesarios

20. Me provoca una gran satisfacción el llegar a resolver problemas de estadística

14. La estadística es agradable y estimulante para mí

Variables	19	21	24	20	14
Factor 2	0.835	0.753	0.700	0.604	0.564

Tabla 2 – Factor 2: Importancia

Factor 3: Utilidad

Relacionado con situaciones donde se mide la productividad o beneficios que puede ofrecer la Estadística. Este factor quedaría recogido en afirmaciones como las siguientes:

11. Saber utilizar la estadística incrementaría mis posibilidades de trabajo

1. Considero la estadística como una materia muy necesaria en la carrera

6. Quiero llegar a tener un conocimiento más profundo de la estadística

3. El estudiar o trabajar con la estadística no me asusta en absoluto

Variables	11	1	6	3
Factor 3	0.728	0.674	0.605	0.596

Tabla 3 – Factor 3: Utilidad

Factor 4: Deseo de saber

Relacionado con aspectos de motivación hacia el conocimiento. Este factor quedaría recogido en afirmaciones como las siguientes:

18. No me altero cuando tengo que trabajar en problemas de estadística

23. Si me lo propusiera creo que llegaría a dominar bien la estadística

13. Estoy calmado/a y tranquilo/a cuando me enfrento a un problema de estadística

8. Tengo confianza en mí mismo/a cuando me enfrento a un problema de estadística

Variables	18	23	13	8
Factor 4	0.761	0.674	0.557	0.515

Tabla 4 – Factor 4: Deseo de Saber

Factor 5: Diversión

Relacionado con aspectos de diversión hacia el uso de la Estadística. Este factor quedaría recogido en afirmaciones como las siguientes:

4. El utilizar la estadística es una diversión para mí

9. Me divierte el hablar con otros de estadística

Variables	4	9
Factor 5	0.705	0.607

Tabla 5 – Factor 5: Diversión

5. Conclusiones y recomendaciones

La carrera militar dentro de la etapa de formación tiene varios ejes que desarrollan el perfil profesional del aspirante que ingresa a alguna de las escuelas de formación militar perteneciente a las Fuerzas Armadas, de igual manera las asignaturas académicas que reciben dentro de su formación y se puede afirmar que la estadística es una asignatura que da muchas herramientas para el desarrollo profesional y la aplicación de la misma en varias etapas de la carrera militar, es por eso que esta investigación ha permitido medir la actitud de los cadetes hacia la estadística obteniendo resultados importantes para mejorar las estrategias docentes que son utilizadas en la impartición de esta asignatura en las escuelas de formación militar ESSUNA, ESMA y ESMIL.

Los resultados obtenidos muestran que existe una consistencia entre la estructura factorial teórica (Auzmendi, 1992) y la estructura factorial empírica.

La solución encontrada explica una varianza total de 66.362% que está muy cercana a los valores encontrados en investigaciones anteriores con la misma escala (65.57%,

Macia & Méndez 2007; 60.70% Auzmendi, 1992) esto puede deberse a que los métodos de rotación y extracción fueron similares en los estudios.

En cuanto a la estimación de fiabilidad encontrada mediante el alfa de Cronbach 0.831 son adecuados y cercanos en investigaciones anteriores.

Los datos encontrados indican que este instrumento contiene elementos que permiten evaluar las actitudes hacia la Estadística entre los estudiantes de las escuelas de formación militar.

Los estudiantes muestran hacia la estadística una actitud determinada por el factor de Ansiedad, donde se expresan actitudes como sentirse incapaz ante un problema de estadística, sentirse nervioso, presentar temor antes la estadística, considerar de poca importancia las clases de la asignatura.

Otro aspecto importante es relacionar que la estadística puede llegar a ser útil para quien se dedique a la investigación pero no para un profesional medio. Y por lo tanto seria poco utilizada en la vida profesional.

Finalmente, los resultados indican que los estudiantes muestran nerviosismo o ansiedad hacia la materia sin embargo el estudio demuestra que esta aportará mucho en el campo de la investigación, pero no para el profesional medio.

De esta manera para motivar a los estudiantes y promover la aplicabilidad de la estadística en su profesión se recomienda utilizar en las clases casos reales de aplicación militar motivo principal por el cual escogieron esta profesión.

Referencias

Escalante, E., Repetto, A. y Mattinello, G. (2012). Exploración y análisis de la actitud hacia la estadística en alumnos de psicología. Liberabit. Recuperado de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-48272012000100003&lng=es&tlng=es.

Mondejar, J., Vargas, M. y Bayot, A. (2008). Medición de la Actitud hacia la estadística. Influencia de los procesos de estudio. Revista electrónica de investigación Psicoeducativa, 2008, Vol. 6, Núm. 3, p. 729-748. Recuperado de http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/635/Art_16_261.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Darias, E. (2000). Escala de actitudes hacia la estadística. Psicothema, 2014, Vol. 12, Núm. 2, p. 175-178. Recuperado de http://www.psicothema.com/psicothema.asp?id=542

Estrada, A., Batanero, C. y Fortuny, J. (2004). "Un estudio comparado de las actitudes hacia la estadística en profesores en formación y en ejercicio." Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas [online], 2004, Vol. 22, Núm. 2, p. 263-273. Recuperado de https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21977.

Gaibor, J., Liger, T., Safla, J., Fernandez, M. y Cholota, L. (2018). El estrés en las Fuerzas armadas: La situación de estrés en los aspirantes a soldados en la ESFORSE, promoción 2015-2017. Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa, 2018, Vol. 3, Núm 3, p. 50-60. Recuperado de http://geo1.espe.edu.ec/wp-content/uploads//2018/06/5.pdf.

Sandoval, L. E. & Otálora, M. C. (2015). Desarrollo corporal y liderazgo en el proceso de formación militar. Rev. Cient. Gen. José María Córdova 13(16), 33-53. Recuperado de https://www.revistaesmicgjmc.com/index.php/esmic/article/view/30/29.

Escobar, K. y Ocampo, M., Relación entre las estrategias de aprendizaje y el rendimiento académico en estudiantes de segundo año de una Escuela de formación naval – militar de carácter tecnológico (2016), Universidad del Norte, Recuperado de http://manglar.uninorte.edu.co/jspui/bitstream/10584/7563/1/katia.pdf

Kerlinger, F. N. (1986). Behavioral research: a conceptual research. New York: Holt, Rinehart and Winston (traducción al español: Enfoque conceptual de la investigación del comportamiento. México: Nueva Editorial Interamericana, 1988).

Méndez, Diego, & Macía, Felipe (2007). ANÁLISIS FACTORIAL CONFIRMATORIO DE LA ESCALA DE ACTITUDES HACIA LA ESTADÍSTICA. Cuadernos de Neuropsicología / Panamerican Journal of Neuropsychology, 1(3),337-345. [fecha de Consulta 11 de Febrero de 2020]. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4396/439642480018

Flores López, W. O., & Auzmendi Escribano, E. (2015). Análisis de la estructura factorial de una escala de actitud hacia las matemáticas. Aula De Encuentro, 17(1). Recuperado a partir de https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/ADE/article/view/2256

Rojas-Kramer, C., Escalera-Chávez, M., Moreno-García, E., & García-Santillán, A. (2017). Motivación, ansiedad, confianza, agrado y utilidad. Los factores que explican la actitud hacia las matemáticas en los estudiantes de economía. Revista INFAD de Psicología. International Journal of Developmental and Educational Psychology., 2(1), 527-540. doi: https://doi.org/10.17060/ijodaep.2017.n1.v2.875

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

Recebido/Submission: 19/11/2019
Aceitação/Acceptance: 12/01/2020

Importancia de la Planificación de Navegación de Pilotaje en las Unidades de la Escuadra Naval

Jacobo Peñafiel[1], Teresa Guarda[1,2,3], José Avelino Victor[4,6], Carlos Balsa[5]

gustavopachecobedon@gmail.com, tguarda@gmail.com, javemor@ismai.pt, balsa@ipb.pt.

[1] Universidad de las Fuerzas Armadas, ESSUNA, Salinas, Ecuador.

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

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

[4] Instituto Politécnico da Maia, Maia, Portugal.

[5] Research Centre in Digitalization and Intelligent Robotics (CeDRI), Instituto

Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolonia, 5300-253 Bragança, Portugal.

[6] Instituto Universitário da Maia, Maia, Portugal.

Pages: 701–712

Resumen: ¿Qué tienen en común la Tragedia Naval de Honda Point, en 1923, con los incidentes de varamientos del USS Hartford en 2003, del USS Port Royal en 2009, del USS Guardian en 2013 y del USS Antietnam en 2017? En pleno siglo XXI, los accidentes que involucran a uno o más buques de guerra, siguen ocurriendo, a pesar de los avances tecnológicos, o de las mejoras en cuánto a lo que se conoce con respecto a la navegación. El propósito de este artículo es suministrar una relación entre una de las fases iniciales del proceso de navegar: la planificación del pilotaje, y su aplicación en la seguridad de la navegación, con un enfoque actual dirigido a los buques de guerra. Para ello, se han recogido conclusiones de siniestros, y cuidadosamente se han revisado publicaciones y autores, para después analizar el papel del factor humano en la planificación y el pilotaje, así como el entorno operacional en el cual actúa el buque. El trabajo concluye con algunas consideraciones que pueden ser tomadas como recomendaciones.

Palabras-clave: Accidentes, Planificación del Pilotaje, la Seguridad de la Navegación.

Importance of Pilot Navigation Planning in Naval Squad Units

Abstract: What do the Honda Point Naval Tragedy in 1923 have in common with the stranding incidents of the USS Hartford in 2003, the USS Port Royal in 2009, the USS Guardian in 2013 and the USS Antietnam in 2017? In the 21st century, accidents involving one or more warships continue to occur, despite technological advances, or improvements in what is known about navigation. The purpose of this article is to

provide a relationship between one of the initial phases of the navigation process: pilot planning, and its application in navigation safety, with a current approach to warships. To this end, claims conclusions have been collected, and publications and authors have been carefully reviewed, and then analyzed the role of the human factor in planning and piloting, as well as the operational environment in which the vessel operates. The work concludes with some considerations that can be taken as recommendations.

Keywords: Accidents, Planning pilotage, Safety of Navigation.

1. Introducción

¿Se puede perder siete buques de guerra en tan solo diez minutos? Es sorprendente saber que sí. Esto ocurrió en lo que se conoce como la Tragedia Naval de Honda Point, California, siendo quizás este uno de los episodios más vergonzosos en la historia de la Armada de Estados Unidos (Moro, 2011). El hecho fue publicado en la Revista de Historia Naval (2010), y relata lo que pasó en la noche del 8 de septiembre de 1923, cuando encallaron siete destructores norteamericanos en las costas rocosas del sur oeste de Estados Unidos. En este episodio se perdieron en diez minutos, más buques de guerra de los que se pudiesen haber perdido con cualquier acción enemiga en la Primera Guerra Mundial. El título del artículo con el que se publica este hecho es "A Naval Tragedy's Chain of Errors", que traducido al español significa "Cadena de Errores de una Tragedia Naval", y puede ser un ejemplo para anticipar lo que se va a tratar en este ensayo y también en una motivación para iniciar este análisis sobre la planificación del pilotaje y cómo incide sobre la seguridad de la navegación.

El propósito de este artículo es suministrar una relación entre la planificación del pilotaje y la seguridad de la navegación, con un enfoque actual dirigido a los buques de la Escuadra Naval, pero también con una mirada retrospectiva para ver ejemplos de cómo se han dado algunos accidentes en buques de guerra, debido entre otras cosas, al incumplimiento de normas que pareciesen tan básicas para la navegación, que resulta increíble pensar que no se las observó. Es así, que el desarrollo del ensayo se basa en las evidencias recolectadas como parte de una investigación bibliográfica cuidadosa de varias publicaciones y autores, que detallan definiciones y estudios importantes con relación al tema tratado.

El trabajo inicia con una revisión de la definición de navegación de pilotaje –se intenta responder qué es y para qué sirve–, para luego revisar lo que es planificar el pilotaje. Después de esto, el estudio se centra exclusivamente en lo que pasa durante la navegación de pilotaje en un buque de guerra. Analiza, por ejemplo, el factor humano en el pilotaje y el entorno operacional en el cual actúa el buque. Después de considerar estos dos elementos, surgió la pregunta si planificar el pilotaje contribuye al proceso de la toma de decisiones en un entorno complejo. Después de contestar esta interrogante, en este orden, hay un momento del ensayo en el que se dejan de contar casos de accidentes, para escribir algunas consideraciones que surgieron precisamente de las causas de esos episodios, y otras del análisis de la situación actual con respecto a los buques de la Escuadra Naval con respecto a este campo. Esta parte del trabajo empieza en el título "El Plan de Pilotaje" y las consideraciones que se mencionan desde ahí en adelante pueden parecer recomendaciones y podrán ser tomadas como tal.

Regresando al trágico episodio relatado en el inicio, hoy, a diferencia de 1923, los progresos tecnológicos relacionados con la seguridad de la navegación son más

avanzados, y seguramente los procedimientos para el entrenamiento del personal naval han mejorado significativamente desde ese año, pero casi un siglo después, aún ocurren accidentes con buques de guerra. Por ello, este estudio también es un intento para la concientización en los Oficiales Navales embarcados sobre la importancia de cumplir profesionalmente con las prácticas y normas que mejoren la seguridad de la navegación.

2. Navegación de Pilotaje

¿Es posible para un buque de la Escuadra navegar sin carta náutica? Definitivamente no. La carta es una representación gráfica a escala que no solo muestra las aguas navegables por las que puede ir un buque, sino que además señala los peligros y las referencias que se deben tomar para mantenerse alejado de los mismos. Sin carta náutica, es como trasladarse a ciegas en un medio en el que existen peligros que, si no son observados y evitados, pueden afectar no solo a la seguridad de los buques, sino también a la seguridad de la vida humana en el mar (el factor más importante) y al medio ambiente. En el caso de los buques de línea o de apoyo logístico de la Escuadra naval, la no previsión ante estos peligros, puede afectar decisivamente a las operaciones navales que se planifiquen o que se estén llevando a cabo. Lo más responsable para el navegante profesional y competente, es identificar los riesgos en la carta y preparar una ruta de navegación segura. En este punto se puede decir que surge el concepto del pilotaje y su ejecución.

2.1. Definición de Pilotaje

El Pilotaje, según la bibliografía propia, en el Plan Operativo de Pilotaje de Precisión de las unidades tipo Fragata (2009) de la Escuadra Naval, es la acción de conducir y controlar la navegación en aguas restringidas, aguas interiores o cercanías de la costa, posicionando y gobernando el buque en forma oportuna y acertadamente, de tal manera de asegurar su tránsito seguro y expedito por el track establecido. El margen de error aceptable con respecto al track depende del área en que se navegue y la escala y calidad de la carta que se emplee para la navegación, sin embargo, la navegación implica la corrección permanente de este error para mantener el buque en el track).

Una definición similar extraída del Manual NAVEDTRA 14338A (2014) de la Armada de Estados Unidos, determina que el pilotaje es el "proceso de dirigir con seguridad el movimiento de un buque de un punto a otro, lo que implica la determinación frecuente o continúa de la posición del buque en relación con referencias geográficas, con un alto orden de precisión" (p. 8-16). A esta definción, la publicación The American Practical Navigator de Bowditch (2012), agrega, que no sólo se tomaran referencias con puntos geográficos, sino también con respecto a ayudas a la navegación colocadas por los servicios autorizados (p.1); además que en el pilotaje, a diferencia del resto de las fases de navegación, una adecuada preparación y la atención minuciosa a los detalles son importantes.

Como se determina en el párrafo anterior, el pilotaje tiene como fin asegurar el tránsito seguro de un buque por un track[1] establecido. Se colige que el pilotaje contribuye como una solución (no puede decirse que total) al problema de mantener la seguridad en la navegación. Así mismo, de la lectura, al mencionar que el pilotaje implica la corrección

[1] **Un track** es una sucesión de puntos concatenados que definen una ruta en el mar.

de errores, la precisión en la determinación de la posición del buque o el hecho de que se tomen referencias en puntos geográficos o en las ayudas a la navegación; se infiere que todas estas observaciones están relacionadas a que el pilotaje es una actividad que requiere la aplicación de varias leyes, principios y conocimientos.

2.2. Planificar el Pilotaje

La falta de aplicación o la no rigurosa observación de las leyes, principios y conocimientos en la planificación y ejecución del pilotaje, puede afectar a la seguridad de la navegación. Y en este sentido, aunque pareciese que lo más lógico es planificar una actividad tan compleja como el pilotaje, algunos incidentes demuestran que éste procedimiento no es seguido con rigurosidad. Por ejemplo, sólo en el caso de la Marina de Estados Unidos, los informes de las investigaciones de los varamientos del *USS Antietnam* en la Bahía de Tokio el 31 de enero de 2017, del *USS Guardian* sobre un arrecife en Filipinas el 17 de enero de 2013, del *USS Port Royal* ingresando a Honolulu el 5 de febrero de 2009 y del *USS Hartford* frente a la Isla Cerdeña el 25 de octubre de 2003, demuestran que una de las causas principales de los siniestros fue la mala planificación y ejecución del pilotaje (Department of the Navy, 2017; Department of the Navy, 2013; Department of the Navy, 2009; Naval Sea Systems Command, 2013).

De los cuatro eventos suscitados, una muestra clara de lo dicho es lo sucedido con el *USS Guardian*. En este hecho, las investigaciones develan que en la planificación del pilotaje se empleó una carta inexacta del lugar por donde estaba previsto el tránsito del buque (Department of the Navy, 2013). Como resultado se tiene que la planificación del pilotaje y su ejecución, en estos casos, tuvieron consecuencias desastrosas, y aunque como se dijo, pareciese ventajoso planificar la travesía, a menudo no se considera este proceso previo a la navegación. A continuación se intenta denotar por qué la planificación del pilotaje es una actividad fundamental que contribuirá a la seguridad de la navegación.

Según Kos, Ivče y Brčić (2011), la planificación del pilotaje es esencial en el traslado de un buque por aguas poco seguras, y requiere la aplicación de conocimientos, habilidades y juicio para la identificación y apreciación de los factores de riesgo, y para concebir estrategias que superen estos factores, permitiendo así el logro de la navegación segura. Y según Bowditch (2012), la planificación del pilotaje consiste en describir comprensivamente cómo será la ruta que seguirá el buque desde que sale de puerto hasta que llega a un destino de manera segura (p. 367). De ambas definiciones, se obtiene que la navegación de pilotaje es un proceso que demanda de planificación en torno a la aplicación de conocimientos y destrezas específicas. Así mismo, cuando se dice que consiste en concebir estrategias para superar factores de riesgo, se puede establecer que estas estrategias deben ser planeadas en base a los riesgos que pudiesen aparecer en el tránsito, y que el hacerlo contribuye a una navegación segura.

En la práctica, pueden surgir preguntas acerca de cómo conocer con anticipación estos riesgos, o si son los riesgos iguales para cualquier buque y ambiente de operación. Con respecto a la primera interrogante, se puede saber con anticipación la mayoría de los riesgos porque generalmente se conoce la ruta que seguirá un buque con anterioridad de las órdenes de operación o se la planifica en base al documento equivalente a la orden de operación, en el cual se manifiesta la misión o las intenciones del Oficial al mando de la Fuerza, y gracias a las fuentes de información con las que se cuenta, también se pueden

conocer los riesgos que se enfrentarán, al menos los que están ahí de manera permanente. Para contestar la segunda pregunta, los riesgos no son los mismos para cualquier buque. Cuando se habla de un buque de guerra, es claro que a los riesgos convencionales, se suman otros que se encuentran ocasionalmente en el área de operación, de acuerdo a la situación que se vive. Es decir, en un buque de guerra no serán siempre considerados los mismos riesgos, ya que el ambiente operacional se vuelve más complejo, por lo que se requiere que en la planificación se tomen las previsiones necesarias para que ésta se adapte con flexibilidad a diferentes escenarios.

Por ejemplo, para la planificación de una ruta por un área minada, Babel y Zimmermann (2015), plantean una metodología para el establecimiento de una ruta que considera las características particulares de cada buque que requiera transitar por un área minada. Una vez establecida la ruta, la ejecución del pilotaje en este escenario es vital y debe ser llevado con rigurosidad por el buque. El establecimiento de estas rutas para cada buque que vaya a transitar por un área minada, puede ser empleado por el Control Naval de Tráfico Marítimo o creada para ser usada por los buques de la propia fuerza. El tránsito por un área minada es un ejemplo bastante claro de lo importante que es planificar el pilotaje. En lo posterior, se mostrarán más situaciones que requieren cuidadosa atención a la planificación.

De lo que se ha visto hasta ahora, dicho de otra manera, la importancia de planificar el pilotaje es que se puede pensar con relativa calma en las estrategias para sobreponerse a los riesgos que pueden presentarse en los momentos cruciales del tránsito, y con esto, se confirma que la planificación del pilotaje podría aportar de manera importante a la seguridad del buque cuando navegue especialmente en condiciones de dificultad, como en el caso de tránsito por campos minados como se mencionó antes, o en otras circunstacias como canales estrechos, con alta densidad de tránsito, aguas poco profundas o que presenten condiciones que están en continúo cambio, por poner algunos ejemplos. Para continuar con el análisis, a estas situaciones en el presente ensayo, se las denomina como “tránsito por aguas restringidas”.

La planificación del pilotaje debe empezar antes de que el buque inicie su tránsito por aguas restringidas, y la ejecución de lo planificado no finaliza hasta que el buque se encuentre en aguas seguras, amarrado en el muelle o fondeado (Bowditch, 2012). En cuanto a la planificación del pilotaje para los buques de guerra, a pesar de que en cada parte del pilotaje pueden presentarse factores que cambien las condiciones que se predijeron, lo que se pretende demostrar, es que se deben reducir las decisiones que son producto de la improvisación, y más bien, debe aprovecharse la ventaja del hecho de poder anticiparse al grado de dificultad que presentará la navegación. Esta ventaja debe ser explotada por el equipo de pilotaje, por lo que lo lógico será que todos los integrantes participen y conozcan de la información recopilada y cómo aplicarla. “Tener a la mano” el Plan de Pilotaje, saber cómo interpretarlo y trabajar en equipo, sumado a otros factores, pueden aportar significativamente a la reducción de la posibilidad de siniestralidad, en especial cuando se navega en aguas restringidas o en un panorama táctico adverso.

Un estudio estadístico muy cuidadoso publicado por la revista *Seaways* (2007), muestra que el error humano sigue siendo el principal factor causante de accidentes marítimos. Ese mismo estudio, determinó además en base a la recopilación de investigaciones efectuadas por más de una decena de organismos internacionales, que de los casos

de varamiento ocurridos entre 1997 y 2007, el 17% del total correspondieron a la no planificación o pobre planificación del pilotaje. El porcentaje restante, es producto de otros factores que son detallados en el estudio, alcanzado una cifra importante también el no adecuado trabajo en equipo con el 18% (Gale & Patraiko, 2007).

2.3. Importancia de la planificación del pilotaje en un buque de guerra

En los buques de guerra, como se determina, las condiciones de navegación son distintas a las de cualquier otro tipo de buque, como es el ejemplo del tránsito por un área minada que se expuso más arriba. Las áreas donde operan son diferentes, debido a que los roles que desempeñan son de naturaleza distinta. Estas unidades navales pueden ser capaces de adaptarse a distintos tipos de operaciones y por tiempos de permanencia prolongados. El espectro para su empleo es amplio, desde la vigilancia en tiempo de paz y asistencia en casos de desastre, hasta la intervención en conflictos directos. Las tripulaciones son distintas. Mientras combaten, deben tomar decisiones que pueden afectar al conjunto del buque, o incluso, estas decisiones pueden incidir en el cumplimiento de la misión impuesta. En este contexto tan complejo, ¿qué tan importante es planificar el pilotaje?

En la Armada de hoy, como se menciona en la introducción, el rápido ritmo del desarrollo tecnológico y la implementación de sistemas avanzados a bordo de los buques de guerra, pueden promover una sensación de disminución de la importancia de llevar a cabo las prácticas básicas de navegación. En la mayoría de buques de la Escuadra, el oficial de Pilotaje se encuentra rodeado de una variedad de equipos sofisticados que le proporcionan una gran cantidad de datos que pueden fomentar no solo una falsa sensación de seguridad, sino también la creencia de que ejecutar tareas como la planificación del pilotaje ya no tiene vigencia. Sin embargo, es el hombre, quien finalmente desempeña un papel importante en la ejecución de la navegación segura. Según el Manual de Instrucciones para la Organización del Departamento de Navegación (2010), publicado por el Departamento de Defensa para los buques de guerra estadounidenses, la precisión de la navegación puede verse afectada negativamente por una serie de factores, entre los más importantes: la acumulación de errores en el flujo de información, la falta de énfasis adecuado en la precisión de navegación y el no seguir los procedimientos ni la planificación de la navegación.

Según Coleman, Foley, Prahler, Armsby, y Shillinger (2011), la planificación del pilotaje en un buque es vital porque puede guiar a los integrantes del equipo de pilotaje a través de difíciles procesos de toma de decisiones, brindando la información que se requiere conocer sobre el entorno de navegación, pero sobre todo es importante porque, a través del análisis de los datos, se pueden tomar decisiones acertadas. Y decisiones acertadas es lo que se requiere a bordo de un buque de guerra.

Por ejemplo, el equipo de pilotaje en una unidad de la Escuadra Naval, además de proporcionar la información para trasladar a la plataforma de manera segura de un lugar a otro con precisión, también tiene otros deberes adicionales cuando las condiciones de alistamiento cambian de acuerdo a la situación táctica. Esto ocurre, para nombrar uno de los casos, en la salida o ingreso a puertos o fondeaderos con presencia de amenaza submarina, los buques de guerra tomarán previsiones como adoptar la condición de

navegación silenciosa, establecer las rutas siguiendo los veriles[2] de la costa o efectuar las salidas o ingresos en condiciones de oscuridad. En estas condiciones, el equipo de pilotaje debe seguir instrucciones para el posicionamiento preciso del buque o asesorar en el traslado de la unidad hasta una posición requerida para adquirir blancos objetivos y emplear las armas, o para la ejecución de acciones tácticas para hacer frente a una amenaza. Como esta, son varias las acciones que ejecutan los buques de guerra cerca de la costa, como se verá a continuación.

Según un artículo publicado bajo el patrocinio de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (2015) titulado *Prospective Operations in Confined and Shallow Waters* –que traducido al español significa Operaciones Prospectivas en aguas confinadas y poco profundas– debido a factores políticos, económicos, demográficos, ambientales y tecnológicos, se prevé que en el futuro los objetivos que se deseen alcanzar por una fuerza naval podrían tender a estar ubicados en el perfil costanero o cerca de este, lo que involucra el mayor desarrollo de operaciones navales en zonas confinadas y aguas poco profundas, en lugar del mar abierto. El mismo artículo manifiesta: Que se debe considerar a esta área de operación como un entorno operativo muy específico; y que, al desarrollarse mayormente en el futuro las operaciones navales cerca del litoral, se reducirá el espacio de batalla. Desventaja que se suma a la concentración de múltiples amenazas y riesgos en un área menor. Esto hace pensar que la planificación y ejecución del pilotaje en estas áreas se torna más importante aún.

Las implicaciones de operar en el litoral son varias y afectan de manera directa a la seguridad del buque, pero las que conciernen a este estudio son las relacionadas con el hecho de que en este tipo de zonas existen complicaciones naturales como la poca profundidad, la proximidad a peligros naturales a la navegación, las condiciones atmosféricas locales; o artificiales como las encontradas en el tránsito por áreas minadas o la proximidad de las armas del enemigo, entre otras. Ver Tabla 1.

Navegación por aguas restringidas
Variables
- Poca profundidad - Obstáculos naturales - Proximidad a la costa - Peligros a la navegación - Tránsito de otras embarcaciones - Condiciones meteorológicas locales - Áreas restringidas (áreas minadas, proximidad a armas enemigas, etc.) - Presencia de buques enemigos - Restricción para el empleo de emisiones electromagnéticas

Tabla 1 – Variables identificadas en la navegación por aguas restringidas

Un ejemplo de esto ocurre en las operaciones navales que ejecuta la Marina de Estados Unidos en el Estrecho de Ormuz. Este canal es el único paso de salida del Golfo Pérsico y por ahí circulan todos los buques que transportan petróleo hacia o desde los puertos

[2] Veril. Líneas que unen puntos de igual profundidad.

de los países que comparten mencionado golfo. Irán controla la costa norte del estrecho, mientras que Omán y los Emiratos Árabes Unidos poseen la costa sur. Todo el estrecho es de solo 97 mn., y en sus puntos más estrechos apenas mide unas 24 mn. de ancho. Contiene dos carriles de separación de tráfico marítimo, utilizados para grandes buques. Los carriles son cada uno de 1,7 mn. de ancho, con una zona de amortiguación de 1,7 mn. entre ellos (Talmadge, 2008). El carril norte está a solo unas pocas docenas de millas de la costa iraní. En este paso, convertido en un "cuello de botella"[3], buques de guerra estadounidenses e iraníes efectúan constantemente operaciones navales de interés para cada país. En este contexto, un accidente ocurrido en el 2009 entre dos unidades navales de Estados Unidos muestra las implicaciones que tiene el operar en espacios reducidos. El USS Hartford, un submarino de propulsión nuclear, colisionó en el Estrecho de Ormuz, con el USS New Orleans, un buque anfibio. Una de las causas explicadas en el informe de la investigación, cuyo contenido es desclasificado, devela que fue la falta de planificación del pilotaje por parte de los oficiales del submarino para pasar el canal, un principal causante que condujo a que ocurriese el accidente (Department of the Navy, 2009).

Por ello, la falta de planificación puede causar interferencias mutuas entre unidades de la misma fuerza, pero además, como se dijo en las primeras partes, afectar directamente a la consecución de la misión que se le ha asignado a un buque de guerra o a varios de ellos organizados en función de una tarea. Un ejemplo puntual del tipo de acciones que pueden fallar por la no previsión de un plan de pilotaje y que son efectuadas por los buques de guerra, son el bombardeo y apoyo de fuego naval. El primero "(el bombardeo naval) tiene por finalidad destruir o neutralizar blancos terrestres; mientras que el fuego de apoyo naval, (…) busca apoyar fuerzas terrestres destruyendo o neutralizando instalaciones, defensas en tierra, personal, etc." (Comandancia de la Escuadra, 2012). Durante la ejecución de ambas, el buque debe ser preciso en posicionarse y seguir la ruta establecida para emplear las armas en contra de los objetivos que se hayan seleccionado. Un error en los procedimientos de pilotaje puede significar el no cumplimiento de la misión. Es tal la importancia de la precisión en este punto, que al buscar referencias en los documentos de Armadas con experiencia en este tipo de acciones, se encuentra que la Armada de Estados Unidos, en el Manual *Naval Surface Fire Support (NSFS) Team Training* (2006), emite una guía para el entrenamiento del equipo de pilotaje para el establecimiento de la ruta para efectuar acciones de fuego ficticias y las referencias que se deben tomar para el posicionamiento preciso del buque durante la trayectoria.

Las situaciones descritas anteriormente, pueden ser aún más complejas si se suman otros componentes. Por ejemplo, se le puede agregar a la navegación de pilotaje, la restricción total de emplear emisiones electromagnéticas de radar y la prohibición de emplear ayudas de radio, obedeciendo a lo dispuesto en el Plan Control de Emisiones que se ponga en vigencia. O aún, algo más determinante puede sumarse para aumentar el grado de complejidad: El estrés en los integrantes del equipo de pilotaje, producido por el grado de alerta y concentración sostenida durante largos periodos, a los que se somete la dotación de un buque de guerra. Estas situaciones hacen pensar que es más aún necesario que el equipo de pilotaje de un buque de guerra acentúe el énfasis en la importancia de efectuar un procedimiento práctico que reduzca al mínimo los errores,

[3] Cuello de botella. Se llama así a un canal estrecho, utilizado en las rutas marítimas mundiales, que es crucial desde el punto de vista geopolítico. En inglés cuello de botella es "*choke point*".

y resalte la precisión y oportunidad como características del pilotaje. De ahí se recalca que, para los buques de la Escuadra Naval, la planificación del pilotaje debe ser esencial.

Si a estas alturas aún hay duda de la importancia del entrenamiento como una medida para mejorar el pilotaje, a continuación se presenta la apreciación de varios profesionales sobre el tema, cuyas opiniones fueron recogidas por el Instituto Naval de Estados Unidos y publicadas en una nota en su página web en el año 2017. Los expertos, después de la revisión de los informes de las investigaciones de los incidentes (todos ocurridos en el 2017) del USS Antietam, USS Lake Champlain, USS Fitzgerald y USS John McCain, determinaron que las deficiencias en el entrenamiento, capacitación y liderazgo incidieron de manera directa en la seguridad de los buques de guerra involucrados (LaGrone, 2017). Esto se confirmó más tarde, en el 2018, cuando acogiendo las conclusiones de los informes, la Marina de Estados Unidos efectuó una evaluación a 164 oficiales de rangos menores sobre conocimientos de Navegación. De la muestra total, apenas el 16.46% cumplió satisfactoriamente la prueba. Esto sirvió para modelar un programa para preparar de mejor manera a sus oficiales y reforzar el entrenamiento en cuanto a conocimientos sobre navegación (LaGrone, 2018).

Todo lo dicho hasta ahora parece confirmar el hecho de que con respecto a la planificación y ejecución del pilotaje, el trabajo en equipo es mejor para reducir el cometimiento de errores en la toma de decisiones en momentos cruciales del pilotaje. Así mismo, confirma que para mantener la posibilidad de error al mínimo de ocurrencia, la planificación del pilotaje es un recurso que beneficia al proceso de toma de decisiones dentro del equipo. También, que lograr el dominio de los procedimientos del pilotaje a través del entrenamiento y la práctica es fundamental para la seguridad del buque. Esto –refriéndose al entrenamiento– permitirá una comprensión profunda de los principios de operación, el uso de los equipos y las limitaciones de los sistemas, lo cual es esencial para una navegación segura. En cuanto al papel que cumplen los oficiales dentro de la planificación, como establecen los manuales y guías funcionales, los oficiales serán quienes deberán liderar el entrenamiento y la calificación del personal asignado.

Hacer de la planificación del pilotaje una práctica obligada antes de que el buque enfrente una navegación de precisión no es tarea fácil. Existen varias publicaciones de autores muy competentes que recomiendan cómo hacerlo. En la tarea cuidadosa de escoger la información más útil, se encuentra que casi todos los consultados emplean una misma lógica y secuencia en los pasos. La evidencia estudiada sugiere que no hay una fórmula establecida universal, pero sí, partes de esa fórmula que se repiten en sus análisis, y que en sí, enlistan los pasos primordiales orientados a abarcar temas esenciales para la seguridad del pilotaje. Se revisaron varias publicaciones para escribir estas consideraciones finales, como el libro guía de navegación de la Armada de Inglaterra BR 45 Admiralty Manual Of Navigation (2008), The American Practical Navigator de Bowditch (2012), el manual de entrenamiento para Ploteadores del puente NAVEDTRA 14338A Quartermaster (2014) de la Armada de Estados Unidos, el Manual de Navegación de Guardacostas de Estados Unidos Coast Guard Navigation Standars Manual (2016), la resolución de la OMI A.893(21) (2000) que establece las guías para la planificación de la travesía de buques, la Guía del Oficial Navegante (2015) editada por el Instituto Oceanográfico de la Armada y el Plan Operativo de Navegación de Pilotaje de Precisión del Escuadrón de Fragatas Misileras (2009).

Todas las publicaciones consultadas coinciden en que antes de la travesía el Oficial de Pilotaje deberá establecer un modelo mental de cómo será el pilotaje, desde el punto de inicio hasta el final. Este modelo mental incluye establecer los rumbos en la carta con las referencias para la posición del buque, la previsión de las condiciones meteorológicas, proyectar los futuros eventos que pueden ocurrir (falla de gobierno, falla de máquinas, cambios de rumbo, etc.), las corrientes y mareas que se esperan y la atención a las advertencias y notificaciones que se hacen en publicaciones como el Aviso a los Navegantes. El modelo mental será manifestado en el plan de pilotaje y comunicado al Equipo de Pilotaje antes de efectuar la navegación de pilotaje, a través de un *Briefing*[4]*,* con el fin de asegurarse de que todos los integrantes compartan el mismo modelo mental. En esta fase se deben solucionar las divergencias con respecto a lo planificado.

A medida que se ejecuta el pilotaje, según Bowditch (2012), el Oficial a cargo deberá mantener la conciencia situacional de manera permanente sobre lo que está pasando y supervisar que el plan se esté cumpliendo de acuerdo al modelo mental que se planteó. Mantener la conciencia situacional quiere decir que debe percibir, comprender y comparar que está pasando en el entorno. En esta fase, tanto la conciencia individual como la del equipo de pilotaje son necesarias para mantener la seguridad en el pilotaje. Según el mismo autor, los "enemigos" de la conciencia situacional son la ignorancia, los prejuicios personales, la fatiga, el estrés, un mal estado físico y mental y cualquier otra condición que pueda impedir que el Oficial de Pilotaje y su equipo no observen claramente el entorno y evalúen incorrectamente la situación (p. 367).

Es importante recalcar que el liderazgo naval aplicado por el Oficial de Pilotaje, es importante en todo el proceso. Según la Doctrina de Liderazgo Naval Institucional (2018), este líder naval deberá actuar en el nivel que le corresponde, sustentándose en lo que es como persona, lo que sabe y lo que hace (p. 2). En los buques de la Escuadra, el papel que desempeña el oficial naval es esencial en la dirección el entrenamiento y en liderar la ejecución del pilotaje. Para mejorar el desempeño del equipo, el Oficial cuenta con instrumentos de evaluación para cada uno de los puestos operativos, conocidos como la Calificación de los Puestos Operativos (CPO), que deben ser llevados con profesionalismo y rigurosidad. Una vez completada la formación individual, el grupo como tal deberá alcanzar un grado de entendimiento tal que les permita actuar en sinergia bajo condiciones difíciles y en caso de emergencia.

Es parte esencial que en todo el proceso se potencialicen las capacidades de los integrantes del equipo de pilotaje para emplear tecnologías que se aplican a la navegación. Como el plan de pilotaje es un instrumento para la toma de decisiones, de la misma forma lo es la información que proveen los sensores y equipos de navegación (se recalca que únicamente son instrumentos). Según un artículo publicado por Oficiales de la Armada del Ecuador, titulado Educational Technology: As a Component of the Innovative Curriculum Redesign Project for Ecuadorian Naval Officers, se resalta por ejemplo la importancia de incluir en el currículo de los oficiales el empleo del *Electronic Chart Display and Information System (ECDIS)* y el *Warship Electronic Chart Display and Information System* (WECDIS), cuya función principal es contribuir a una navegación

[4] Briefing. Anglicismo empleado para nombrar a una reunión de carácter informativa.

segura y sólo en el caso del WECDIS ser una herramienta para mejorar la dirección de operaciones militares.

4. Conclusiones

La identificación y apreciación de los factores de riesgo que pueden presentarse en una navegación por aguas restringidas, y el concebir estrategias que superen estos factores, a través de la planificación del pilotaje, contribuye de forma directa a la seguridad de la navegación de los buques de la Escuadra Naval durante el pilotaje.

La planificación del pilotaje es un medio que proprociona un implemento útil para ser usado en el proceso de toma de decisiones en situaciones cruciales del pilotaje, reduciéndo la probabilidad de errores; por lo tanto, se constituye en una herramienta eficaz que contribuirá a la seguridad durante las operaciones que efectúe el buque de guerra.

La no planificación del pilotaje, puede ser causal de ocurrencia de un evento no deseado para un buque de guerra, con consecuencias como la incapacidad parcial o total de la unidad o incluso la pérdida de vidas humanas, y por lo tanto, afectar también de manera directa a la misión o a las operaciones navales que se estén ejecutando o las que se vayan a planificar.

Referencias

Babel, L., & Zimmermann, T. (2015). Planning safe navigation routes through mined waters. *European Journal of Operational Research, 241*(1), 99-108. doi:https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.08.002

Bowditch, N. (2012). *The American Practical Navigator*. Bathesda: National Imagery and Mapping Agency.

Coleman, H., Foley, M., Prahler, E., Armsby, M., & Shillinger, G. (2011). *The Center for Ocean Solutions. 2011. Decision Guide: Selecting Decision Support Tools for Marine Spatial Planning*. . Obtido de The Center for Ocean Solutions: https://www.centerforoceansolutions.org/sites/default/files/publications/cos_msp_guide_6.pdf

Department of Defense. (30 de Agosto de 2010). Comnavsurlantinst 3530.4c. *Surface Ship Navigation Department Organization and Regulations Manual*. Estados Unidos.

Department of the Navy. (2009). *Command Investigation Into The Facts And Circumstances Surrounding The Collision of Uss Hartford (Ssn 768) With Uss New Orleans (Lpd 18) In The Strait Of Hormuz on or About 20 March 2009*. Norfolk.

Department of the Navy. (2013). *Command Investigation Into The Grounding of Uss Guardian (Mcm 5) On Tubbataha Reef, Republic of The Philippines That Ocurred On 17 Junuary 2013*. Obtido de https://news.usni.org/2013/06/24/document-guardian-grounding-wholly-preventable

Escuadrón de Fragatas Misileras. (2009). *PLAN-FF-OPE-02 Plan Operativo: Pilotaje de Precisión*.

Gale, H., & Patraiko, D. (2007). Improving navigational safety. (L. Budd, Ed.) *Seaways*, 4-8.

Instituto Oceanográfico de la Armada. (2015). *Guía del Oficial Navegante*. Guayaquil.

LaGrone, S. (21 de Agosto de 2017). *United States Navy Institute*. Obtido de Education Legislation: Chain of Incidents Involving U.S. Navy Warships in the Western Pacific Raise Readiness, Training Questions: https://news.usni.org/2017/08/21/chain-incidents-involving-u-s-navy-warships-western-pacific-raise-readinesstraining-questions

LaGrone, S. (6 de Junio de 2018). *United States Navy Institute*. Obtido de Budget Industry: Navy Study Finds Junior SWOs Have Major Gaps in Seamanship, Ship Handling Knowledge: https://news.usni.org/2018/06/06/navy-study-finds-junior-swos-major-gaps-seamanship-ship-handling-knowledge

Ministry of Defence. (2008). *BR 45 (I) Admiralty Manual Of Navigation*. Londres.

Moro, L. (2011). *Enciclopedia de Historia Naval*. Caracas, Venezuela: División de Telemática Escuela de Estudios Tácticos Navales.

Naval Surface Fire Support (NSFS) Team Training. (Junio de 2006). Naval Gunfire Support (self training package).

Organización Marítima Internacional. (4 de Febrero de 2000). "Resolution A.893(21). Adopted on 25 November 1999". *Guidelines for Voyage Planning*.

Sánchez, V. (2018). *Doctrina de Liderazgo Naval Transformacional* (Segunda ed.). (E. Escobar, Ed.) Guayaquil, Guayas, Ecuador: Lepanto.

Talmadge, C. (2008). Closing Time: Assessing the Iranian Threat to the Strait of Hormuz. *Quarterly Journal: International Security, 33*(1), 82-117.

The North Atlantic Treaty Organization: Centre of Excellence for Operations in Confined and Shallow Waters. (31 de Marzo de 2015). Prospective Operations in Confined and Shallow Waters.

United States Coast Guard. (2016). *Coast Guard Navigation Standars Manual* .

United States Navy. (2014). *NAVEDTRA 14338A Quartermaster*. Center for Surface Combat Systems.

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

