ISSN: 1646-9895

risti

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

Janeiro 23 • January 23

©RISTI 2023 http://www.risti.xyz

Nº E55

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

Edição / Edition
N.º E55, 01/2023

ISSN: 1646-9895

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

Publicação / Publication
RISTI – Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Rua Quinta do Roseiral 76, 4435-209 Rio Tinto, Portugal
Web: http://www.risti.xyz

Director
Álvaro Rocha, ISEG, Universidade de Lisboa, PT

Coordenadores da Edição / Issue Coordinators
Carla Florez, Universidad Tecnológica Israel, EC

Conselho Editorial / Editorial Board
A. Patrícia Oliveira Universidade de Aveiro, PT
Abel Méndez, Instituto Tecnológico de Costa Rica, CR
Alejandro Peña, Universidad EAFIT, CO
Alma Gómez-Rodríguez, Universidade de Vigo, ES
Ana Melro, Universidade de Aveiro, PT
Ana Paula Afonso, P.PORTO/ISCAP.IPP/CEOS.PP, PT
Ana Rita Calvão, ESTGA, Universidad de Aveiro, PT
Ania Cravero, Universidad de La Frontera, CL
António Abreu Silva, ISCAP, Instituto Politécnico do Porto, PT
Antonio Garcia, Universidad de Santiago de Compostela, ES
António Godinho, ISEC, Instituto Politécnico de Coimbra, PT
Antonio Jiménez-Martín, Universidad Politécnica de Madrid, ES
Arturo J. Méndez, Universidad de Vigo, ES
August Climent, Ramon LLull University, ES
Beatriz Rodríguez, Universidad de la Republica, UY
Borja Bordel, Universidad Politécnica de Madrid, ES
Brenda L. Flores-Rios, Universidad Autónoma de Baja California, MX
Bruno Miguel Ferreira Gonçalves, Instituto Politécnico de Bragança, PT
Carlos Alexandre Silva, nstituto Federal de Minas Gerais, BR
Carlos Carreto, Instituto Politécnico da Guarda, PT
Carlos Morais, Instituto Politécnico de Bragança, PT
Carlos Rompante Cunha. UNIAG & CeDRI &
Instituto Politécnico Bragança, PT
Carlos Vaz de Carvalho, Instituto Politécnico do Porto, PT
Ciro Martins, Universidade do Algarve, PT
Cristina Caridade, Instituto Politécnico de Coimbra, PT
Daniel Polónia, Universidade de Aveiro, PT

Dante Carrizo, Universidad de Atacama,CL
Edwin Cedeño Herrera, Universidad de Panamá, PA
Fábio Marques, ESTGA, Universidade de Aveiro, PT
Felipe Vasquez, Universidad de La Frontera, CL
Fernando Moreira, REMIT, IJP, Universidade Portucalense &
IEETA, Universidade de Aveiro, PT
Fernando Ribeiro, Instituto Politécnico de Castelo Branco, PT
Fernandp Bandeira, PT
Filipe Cardoso, Instituto Politécnico de Viseu, PT
Flor Gomes de María Sánchez Aguirre, Universidad César Vallejo, PE
Gabriel Guerrero-Contreras, Universidad de Cádiz, ES
Gerardo González Filgueira, Universidade da Coruña, ES
Gloria Valencia, Universidad de las Fuerzas Armadas, EC
Guilllhermo Davila, Universidad de Lima, PE
Hélder Gomes, Universidade de Aveiro, PT
Helder Zagalo, Universidade de Aveiro, PT
Hélia Guerra, Universidade dos Açores, PT
Henrique Gil, Instituto Politécnico de Castelo Branco, PT
Henrique S. Mamede, Universidade Aberta, Portugal
Inês Domingues, ISEC, Instituto Politécnico de Coimbra, PT
Isaias Bianchi, Universidade Federal de Santa Catarina, BR
Isidro Navarro, Universidad Politécnica de Cataluña, ES
Ismael Etxeberria-Agiriano, Universidad del País Vasco, ES
Ivan Garcia, Universidad Tecnológica de la Mixteca, MX
Jeimy Cano, Universidad de los Andes, CO
João Balsa, LASIGE, Universidade de Lisboa, Portugal
João Emílio Almeida, ISTEC - Porto, PT
João Paulo Ferreira, Instituto Politécnico de Coimbra, PT
Joao Roberto de Toledo Quadros, CEFET/RJ, BR
Joao Tavares, Universidade do Porto, PT
Joaquim Reis, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT
Jorge Eduardo Ibarra Esque, Universidad Autónoma
de Baja California, MX
Jorge Hochstetter, Universidad de La Frontera, CL

José Álvarez-García, Universidad de Extremadura, ES
Jose Felipe Cocon Juarez, Universidad Autónoma del Carmen, MX
José Lousado, Instituto Politécnico de Viseu, PT
José Luis Pastrana Brincones, Universidad de Málaga, ES
Jose M. Molina, Universidad Carlos III de Madrid, ES
José Ribeiro, Politécnico de Leiria, PT
Jose Silvestre Silva, Academia Militar, PT
Josep Maria Marco-Simó, Universitat Oberta de Catalunya, ES
Juan Angel Contreras Vas, Universidad de Extremadura, ES
Juan M. Santos-Gago, Universidad de Vigo, ES
Juan Pablo DAmato, Universidad Nacional del Centro
de la Provincia de Buenos Aires, AR
Leila Weitzel, Universidade Federal Fluminense, BR
Leonardo Bermón Angarita, Universidad Nacional de Colombia, CO
Lilia Muñoz, Universidad Tecnológica de Panamá, PA
Lucila Romero, Universidad Nacional del Litoral, AR
Luis Álvarez Sabucedo, Universidad de Vigo, ES
Luís Bruno, Instituto Politécnico de Beja, PT
Luis Enrique Sánchez Crespo, Universidad de Castilla-la Mancha, ES
Luisa María Romero-Moreno, Universidad Sevilla, ES
Luz María Hernández Cruz, Universidad Autónoma de Campeche, MX
Luz Sussy Bayona Oré, Universidad Nacional Mayor de San Carlos, PE
Marcelo Marciszack, Universidad Tecnológica Nacional, AR
Marcelo Zambrano Vizuete, Universidad Tecnica Del Norte
Marco Painho, NOVA IMS, PT
Margarita Ramirez Ramirez, Universidad Autónoma
de Baja California, MX
Maria Cristina Marcelino Bento, UNIFATEA, BR
María de la Cruz del Río-Rama, Universidad de Vigo, ES
Maria de los Milagros Gutierrez, Universidad Tecnológica Nacional, AR
Maria do Rosário Bernardo, Universidade Aberta, PT
Maria Hallo, Escuela Politêcnica Nacional, EC
Maria João Ferreira, Universidade Portucalense, PT
Maria João Gomes, Universidade do Minho, PT

Maria Sousa, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT
Marisol B. Correia, ESGHT - Universidade do Algarve & CiTUR, PT
Maristela Holanda, Universidade de Brasília, BR
Martin Llamas Nistal, Universidad de Vigo, ES
Miguel Casquilho, Universidade de Lisboa, PT
Miguel Ramón González Castro, Centro Tecnológico Aimen, ES
Mirna Ariadna Muñoz Mata, CIMAT, MX
Nelson Rocha, Universidade de Aveiro, PT
Nuno Melão, Instituto Politécnico de Viseu, PT
Nuno Ribeiro, Universidade Fernando Pessoa, Portugal
Patricia Dias, Universidade do Estado de Minas Gerais, BR
Paula Prata, Universidade da Beira Interior, PT
Paulo Martins, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, PT
Paulo Pinto, Universidade Nova de Lisboa, PT
Paulo Rurato, Universidade Fernando Pessoa, Portugal
Pedro Araújo, Universidade da Beira Interior, PT
Pedro R. Palos- Sanchez, Universidad de Sevilla, ES
Pedro Sanz-Angulo, Universidad de Valladolid, ES
Pedro Sobral, Universidade Fernando Pessoa, Portugal
Pedro Sousa, Universidade do Minho, Portugal
René Faruk Garzozi-Pincay, Universidad Estatal
Península de Santa Elena, EC
Rita Oliveira, DigiMedia, Universidade de Aveiro, PT
Rita Santos ESTGA/DigiMedia, Universidade de Aveiro, Portugal
Ruben Pereira, ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa, PT
Rui Pedro Marques, Universidade de Aveiro, PT
Rui Silva Moreira, Universidade Fernando Pessoa, PT
Samuel Sepúlveda, Universidad de La Frontera, CL
Santiago Raul Gonzales Sanches, Universidad Cesar Vallejo, PE
Sara Balderas-Díaz, Universidad de Cádiz, ES
Sergio Araya Guzmán, Universidad del Bío-Bío, CL
Sergio F. Lopes, Universidade do Minho, PT
Sergio Gálvez Rojas, Universidad de Málaga, ES
Solange N Alves-Souza, Universidade de São Paulo, BR

Telmo Silva, DigiMedia, Universidade de Aveiro, PT
Teresa Guarda, Universidad Estatal Península de Santa Elena, EC
Thiago Dias, Centro Federal de Educação Tecnológica
de Minas Gerais, BR
Vítor Carvalho, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave, PT
Vitor Santos, Universidade Nova de Lisboa - NOVA IMS, PT
Wagner Tanaka Botelho, Universidade Federal do ABC, BR
Yamid Hernández Julio, Universidad del Sinú, CO

Índice / Index

ARTIGOS / ARTICLES

Seguridad de la información aplicada a un caso de estudio de red SCADA..... 1
Tannia Mayorga-Jácome, María Armijos-Montoya, Diana Pozo-Anagumbla, Mario Pérez-Cargua

Automatización de un proceso industrial virtual de ensamblaje utilizando Factory IO 12
Salazar Jácome Elizabeth, Sánchez Ocaña Wilson, De la Torre Guzmán Javier, Aguas Bucheli Luis

Juguete tipo puzzle para ayudar en el desarrollo de la concentración en niños con TDAH 24
Francisco Jurado, Erika Escobar, Carolina Proaño, Javier Aguilera

Construcción de un sistema solar isotrópico para lámpara led con monitoreo de estado mediante la Web 40
Fidel Parra, Maryory Urdaneta, René Cortijo, Diego Llerena

Módulo asistencial para medir signos vitales de una persona mediante Internet de las Cosas 52
Jhoana Villacís, Flavio Morales, Emanuel González, Rosario Coral

Propuesta de App Móvil para la gestión de incidentes de tránsito 67
Darwin Corral, Renato M. Toasa, Yadira Semblantes, Luis F. Aguas

Integración Moodle con Sistemas de Gestión Académica en las IES, caso de estudio Tecnológica Universidad Israel 77
Henry Recalde, Paúl Baldeón, Patricia Albuja, Renato Toasa

Robot educativo tipo omnidireccional para el aprendizaje enfocado al campo de la electrónica y programación en la Unidad Educativa San Marino 86
Francisco Jurado, Edison Maldonado, Tannia Mayorga

Revisión de literatura sobre impacto de la inteligencia artificial y su aplicación en el Ecuador 100
Juan Francisco Pabon, Miguel Aizaga, Henry Recalde, Renato M. Toasa

Modelado 3D del Estadio Olímpico Atahualpa mediante la metodología de diseño hipermedia 114
Aguas Luis, Coral Rosario, González Emanuel, Morales Flavio

Sistema de monitoreo remoto para mantenimiento predictivo en un motor eléctrico 128
Mg. René Ernesto Cortijo Leyva, Mg. Tannia Mayorga, Ing. Paulo Criollo

Automatización del mecanismo para bipedestación en una silla de ruedas para personas de entre 7 a 18 años con movilidad limitada 145
Francisco Jurado, Jefferson Nazate Quel, Erika Escobar, Mayra Comina

Simulador 3d de un proceso de nivel de un tanque esférico para evaluar controladores 158
Marco Pilco, Marco Pilataxi

Propuesta de Modelo Didáctico para la enseñanza de la Física 171
Maryory Urdaneta, René Cortijo

Implementación de una antena Yagi y Biquad a una frecuencia de 900 MHz, con módulo LoRa, para un laboratorio de bajo costo 184
Flavio Morales, Santiago Pacheco, Cristina Alfaro, Emanuel González

Gestión departamental de denuncias con garantía de anonimato en un entorno organizacional basado en la norma ISO 37001 198
Tannia Mayorga-Jácome, Ivan Andocilla-Oleas, Mario Pérez-Cargua, Joe Carrión-Jumbo

Entorno web para la educación en salud bucal comunitaria del Centro de Salud-Tambillo 217
Paulo Silva Loor, Paúl Baldeón Egas

Problema da Distribuição do Serviço Docente: Uma Análise Bibliométrica desde 1976 até 2021 226
José Joaquim Moreira, Joaquim Manuel Costa, Jorge Pereira Duque

Técnicas y algoritmos para predecir el resultado de los partidos de fútbol utilizando la minería de datos, una revisión de la literatura 245
Antonio Araujo-Ahon, Brayan Cardenas-Mayta, Orlando Iparraguirre-Villanueva, Joselyn Zapata-Paulini, Michael Cabanillas-Carbonell

Revisión Sistemática de Literatura de Imágenes Satelitales en Hidrología y Agricultura 264
Lourdes Luque-Ramos

Plataforma IOT para Supervisão de Usina Fotovoltaica e Automação Predial com Validação no Ministério da Defesa do Brasil 279
Liomar de Miranda Leite, Ricardo Staciarini Puttini, Rafael T. De Souza Jr, Georges Daniel Amvame Nze, Fábio Lúcio Lopes de Mendonça

Diseño de Artefactos para la mejora de la Gestión de la Cadena de Suministros en una planta de Terminales de distribución de hidrocarburos líquidos, con la utilización de la Investigación en Ciencias del Diseño (DSR) 294
Adolfo Jorge Prado Ventocilla, Edwin Jorge Montes Eskenazy

Sistemas para Localização de Especialistas: desafios e oportunidades para o desenvolvimento de ecossistemas de inovação..... 311
Alfredo Cesar dos Anjos, Denilson Sell, Luiz Márcio Spinosa, Ramiro Wahrhaftig, Gérson Luiz Koch, Neri dos Santos, Roberto Carlos dos Santos Pacheco

Relación entre calidad de vida laboral y productividad en la pandemia: Un análisis bibliométrico y sistémico 327
José R. López-Arellano, Salvador A.Romero-Rubio, Kate M. Sandoval-Félix, Antonio H. Vega Arellano

Predicción de orientación económica de unidades de producción agrícola usando técnicas de minería de datos..... 344
Philippe Paul Belmont Guerrón, María Hallo

MOB-VR: caso desarrollo de un simulador para entrenamiento de personal de la Armada de Colombia, usando metodologías ágiles 363
Jairo Enrique Martínez-Garcés, Miguel Andrés Garnica-López, Aldo Francisco Lovo-Ayala, Miller Stiven Brijaldo-Cano, Pablo Alejandro Figueroa-Forero, Vivian Natalia Gómez-Cubillos

The Application of Modern Enterprise Management Mode in Hotel Management under the Background of Big Data 379
Ye Ye, Jacquuline Tham, S.M.Ferdous Azam*

Study and Practice of Laboratory Safety Management and Asset Management Evaluation Based on Computational Intelligence.....391
Xuezhi Yuan, Xiaofeng Xu, Liang Zhang*

Application of Virtual Reality Technology in Display Design 404
Yaodong Chai

Study on Learner Comprehensive Evaluation Model Driven by Multi-Source Process Data.....414
Hui Hong, Chantana Viriyavejakul

Study on Financial Risk Early Warning Model of Listed Companies Based on BP Neural Network..... 428
Yuan Jingxue, Teoh Aiping*

Evolutionary Clustering and Marketing Analysis of
Product Word-of-Mouth based on ICA K-Means 442
Weiming Wang

Vocal Music Performance Evaluation System Based on
Neural Network and Its Application in Piano Teaching 451
Yu Cui

Real-Time Music Graphics Generation and Display Technology
in Virtual Reality Based on Music Digital Image Processing 465
Shi Jiao

The Application of Corpus Linguistics under the
Computer-Assisted Instruction Model in College English Teaching 475
Yan Jiang

Classification of Fundus Images of Diabetes Patients With Retinopathy 485
Xinyu Fu, Qian Yu

Study on the Innovative Application of Virtual Simulation
Technology in the Protection and Inheritance of Needlework Art 494
Xu Ying

Application of Hospital Information System in Outpatient
Appointment and Treatment in Large Comprehensive Hospitals 504
Xiaoli Tang

Construction of Assessment Index System Model of Higher
Art Teaching Quality Based on Fuzzy Clustering Algorithm 511
Xueyan Wang

New Strategy of Communication System
Server State Based on QSC Algorithm 517
Guo Tao, Thelma D. Palaoag

Analysis on Integration of Logistics Trade
Resources and Global Competition of Ports Along
the Belt and Road Based on Fuzzy Algorithm 526
Li Ye, Xin Fang*

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

Recebido/Submission: 01/10/2022
Aceitação/Acceptance: 02/12/2022

Seguridad de la información aplicada a un caso de estudio de red SCADA

Tannia Mayorga-Jácome[1], María Armijos-Montoya[2], Diana Pozo-Anagumbla[3], Mario Pérez-Cargua[4]

tmayorga@uisrael.edu.ec; mmarmijos1999@gmail.com; pozod98@hotmail.com; mperez@uisrael.edu.ec

[1-4] Universidad Tecnológica Israel, 170522, Quito, Ecuador

Pages: 1-11

Resumen: Este documento de investigación explica la implementación de un sistema de gestión de seguridad en una red SCADA existente en el área de producción de una empresa de industrialización maderera. Se utilizó metodología de investigación mixta, la cual combina metodologías cuantitativas y cualitativas, se aplicó metodología OCTAVE OMIG en el análisis de riesgos, amenazas y vulnerabilidades para verificar el estado actual de la red, los principales hallazgos encontrados fueron puertos abiertos, boletín de Microsoft desactualizado, entre otros, esto significa que la infraestructura de red tiene un nivel de vulnerabilidad alto, por tal razón se diseña el sistema de seguridad para la red, considerando factores de amenaza conforme a su probabilidad de ocurrencias, pérdidas generadas y frecuencia, posteriormente se diseñó el plan y los controles de seguridad de la información utilizando la norma ISO 27001 y se complementó con un software libre de monitoreo de la red en tiempo real.

Palabras-clave: scada; red; seguridad; riesgo; vulnerabilidades.

Information security applied to a SCADA network case study

Abstract: This research paper explains the implementation of a security management system in an existing SCADA network in the production area of a wood industrialization company. Mixed research methodology was used, which combines quantitative and qualitative methodologies, OCTAVE OMIG methodology was applied in the analysis of risks, threats and vulnerabilities to verify the current state of the network, the main findings were open ports, outdated Microsoft bulletin, among others, this means that the network infrastructure has a high level of vulnerability, For this reason the security system for the network is designed, considering threat factors according to their probability of occurrence, losses generated and frequency, then the information security plan and controls were designed using the ISO 27001 standard and complemented with a free software for monitoring the network in real time.

Keywords: scada; network; security; risk; vulnerabilities.

1. Introducción

En el ámbito de la seguridad priman los mecanismos automatizados de autenticación basados en usuario/contraseña, para cubrir el área de responsabilidad junto con los permisos y privilegios asignados a un operador, así como la aplicación de políticas de seguridad mediante un estándar como la ISO 27001 (Vivanco Herrera & Camacho Reina, 2020), que pueden combinarse con métodos de seguridad como el modelo de firewall Deep Packet Inspection (DPI) y Comprehen-sive Packet Inspection (CPI) para la mitigación de los riesgos encontrados para evitar estados críticos o anomalías (Bello & Becerra, 2020).

Las tecnologías avanzan rápidamente y cada vez hay más ciberataques en la red. En 2010, StuxNet se dio a conocer como un virus informático que atacó un país de Oriente Medio dejando consecuencias críticas en su infraestructura, cruzando la línea entre el mundo virtual y el real (Vargas Borbúa et al., 2017). Causó estragos en los equipos industriales. Se consideró una revolución en los asuntos militares, que supuso un punto de inflexión como el concepto de ciberguerra. StuxNet es posiblemente el primer gusano informático que explota la vulnerabilidad del boletín de Microsoft MS10-046 (Marshall, 1951), sin necesidad de acceso a Internet como vector de ataque, sino a través de memorias USB. Los sistemas y programas, fabricados por la marca alemana Siemens, son exclusivamente equipos utilizados en sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) que utilizan Microsoft Windows como sistema operativo. Estos sistemas constituyen la plataforma de control y automatización de infraestructuras críticas como plataformas petrolíferas, centrales eléctricas, control de túneles de madera y otras instalaciones industriales (Silva G., 2018).

Por otro lado, cabe mencionar que existen diferentes tipos de herramientas de apoyo para realizar pruebas de penetración para identificar vulnerabilidades como: OpenVas, Nmap, Suite Aircrack-ng, Hashcat, Wireshark es un analizador de paquetes y protocolos, OWASP Zen Attack Proxy ZAP como monitor de seguridad de redes y aplicaciones web, Nessus, Seccubus, Uniscan, Metasploit para localizar y explotar vulnerabilidades en la seguridad de la red, WMAP, Burp Suite un software de auditoría de seguridad (Kumar, 2021). El objetivo del presente caso de estudio es la implementación de un sistema de gestión seguridad en una red SCADA para el área de producción de una empresa dedicada a la industrialización maderera, realizando un análisis de riesgos, amenazas y vulnerabilidades y así verificar su estado actual (Manzano-Vite et al., 2019); para determinar los factores de amenaza, se utilizó una metodología de investigación mixta, con base en los resultados de los pasos anteriores, se procede a diseñar el sistema de seguridad que se implementará en la red SCADA, logrando reducir las vulnerabilidades y amenazas encontradas en el monitoreo en tiempo real de la red. Por razones de seguridad y confidencialidad, el nombre de la empresa donde se aplicó el caso de estudio se mantendrá en privado.

2. Metodología

Para este caso de estudio se utilizó la metodología de investigación mixta (Cedeño Viteri, 2013), ya que los factores de amenaza se los calcula cuantitativamente como cualitativamente, es decir que si se elige el criterio cuantitativo se calcula estimando

la probabilidad y el impacto, generando así el riesgo al cual está expuesta la red, para lo cual se estableció una población finita de 20 hosts de 2 subredes, con un muestreo probabilístico aleatorio estratificado, ya que la homogeneidad de la población es que todos los hosts tienen vulnerabilidades; en cambio para el criterio cualitativo se utilizan las técnicas de investigación como la observación basada en la experiencia de los observadores y entrevistas con el responsable del área de infraestructura para establecer la situación inicial.

Se seleccionó la metodología OCTAVE para realizar los cálculos del factor de amenaza y evaluar el riesgo, se utilizó un análisis cualitativo en la matriz de riesgo, que permite reconocer los riesgos a los que está expuesta la red, se los clasificó como muy bajos, bajos, medios, altos y muy altos, mientras que para los rangos de valores cuantitativos, se tomó el resultado del análisis de riesgo realizado en OpenVas, donde se analizaron las vulnerabilidades y amenazas que están asociadas a cada uno de los hosts, con esto posteriormente se implementan las medidas y controles de seguridad de la norma ISO 27001: 2005 (Anabalón & Donders, 2014). El método utilizado para el análisis de riesgos se basa en: experiencia y criterio del personal encargado de la infraestructura de la red, experiencia de los usuarios que gestionan los sistemas de red SCADA, escaneo de vulnerabilidades mediante el software OpenVas.

La Tabla1 muestra la medición de los activos y toma valores del uno al tres, siendo el uno el menos afectado y el tres el más afectado, que se utilizarán para la evaluación de los activos de la empresa.

Medida	Descripción
1	**Impacto menor**, si se produce no afecta a los procesos de los sistemas que están funcionando, es como una alerta para ser mitigada posteriormente como acción preventiva.
2	**Impacto medio**, este suceso puede afectar al sistema hasta tal punto que puede haber una denegación de servicios, deteniendo la continuidad, integridad y disponibilidad del sistema
3	**Impacto alto**, Si esto ocurre, los procesos se suspenden hasta que se encuentre una solución, es decir, después del ataque, el administrador del sistema informará a la dirección del motivo por el que no se ha podido evitar.

Tabla 1 – Medidas de evaluación cualitativa con valores de 1 a 3

Para el análisis de riesgos se utilizó ZMAP (Mazel & Strullu, 2019), que es una aplicación de código abierto que escanea vulnerabilidades y detecta puertos abiertos ya que puede reconocer los equipos conectados a la red; el escaneo de amenazas y vulnerabilidades se realizó con OpenVas (Schwarz, 2021), una aplicación de Kali Linux (Tanner, 2019) para la explotación de vulnerabilidades que se especializa en la ejecución de los llamados NVT (Network Vulnerability Tests) para el escaneo de la red de forma individual o como parte de un grupo de herramientas de seguridad.

La selección de los controles utilizados como contramedidas y salvaguardias del SGSI se especifica en el Anexo A de la norma ISO 27001: se centrará en 11 dominios:

- A.5 Política de seguridad
- A.6 Organización de la seguridad de la información
- A.7 Gestión de los recursos

- A.8 Seguridad de los recursos humanos
- A.9 Seguridad física y medioambiental
- A.10 Gestión de las comunicaciones y de las operaciones
- A.11 Control de acceso
- A.12 Adquisición, desarrollo y mantenimiento de sistemas de información
- A.13 Gestión de incidentes de seguridad
- A.14 Gestión de la continuidad del negocio
- A.15 Cumplimiento (legal, normas, técnico y auditorías)

La selección de los controles adecuados para la empresa debe basarse en: el tratamiento del riesgo, destinado a eliminar las vulnerabilidades o a minimizar el impacto de futuros ataques (Mayorga Jácome, 2014), (Chamorro, 2013).

Para la supervisión de la red, se utilizó Kaspersky Endpoint Security for Business, que es un conjunto de "bloques de construcción" que pueden implementarse como defensa automática contra las amenazas para reforzar los sistemas de la empresa y salvaguardar sus activos (Security, 2014). Las amenazas en el sector suelen ser mediante un pendrive, un mensaje de correo electrónico con un troyano bancario de phishing o un ransomware, que pueden causar graves daños a la empresa. Una vez instalado el software en todos los dispositivos, se realizan las pruebas de efectividad (ver Fig.1), al tratarse de una red SCADA que no tiene acceso a internet, los posibles ataques que se pueden recibir son internos y a través de un pendrive o documentación dañada (Herrera Silva et al., 2019).

La figura 1 muestra el esquema de cómo se llevará a cabo el ataque de intrusión empleando una memoria USB insertada en un ordenador perteneciente a la red SCADA.

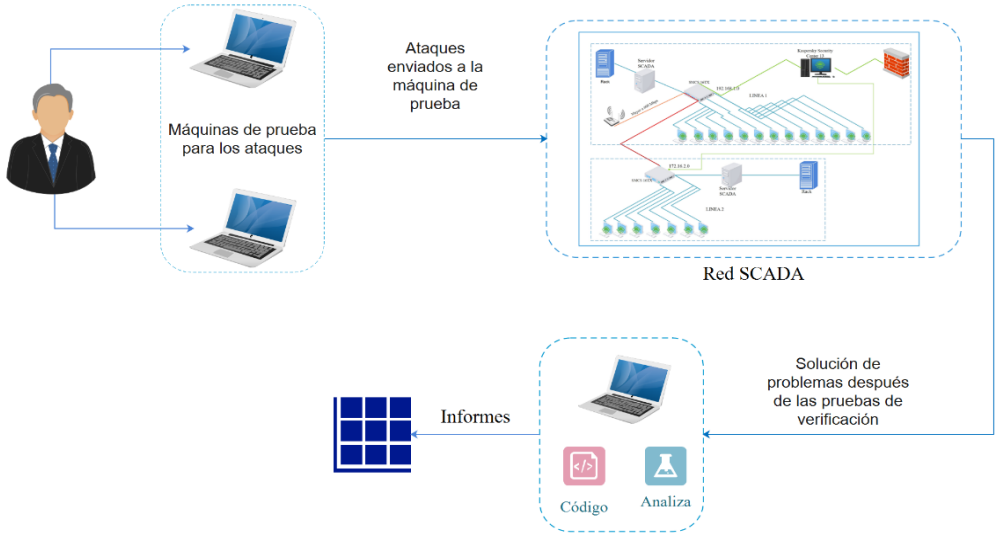


Figura 1 – Esquema de las pruebas de rendimiento

2.1. Análisis y evaluación de riesgos

Se utilizó la Metodología OCTAVE, para realizar los cálculos del factor de amenaza se evalúa el riesgo, partiendo del resultado de amenazas y vulnerabilidades, donde se analizaron las amenazas de cada host, así como sus vulnerabilidades que están asociadas a cada uno de los mismos, con ello más adelante se implementarán las medidas de seguridad.

Para el cálculo de la probabilidad se tomará en cuenta lo siguiente:

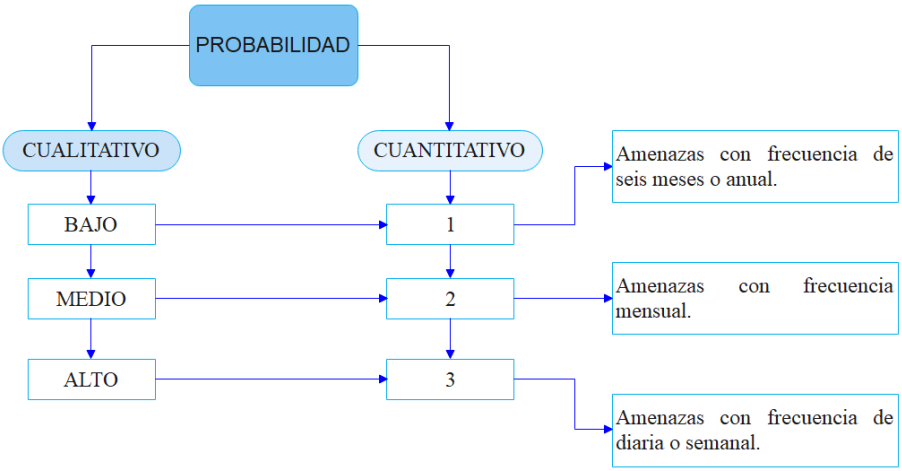


Figura 2 – Diagrama de Probabilidad adaptado de (INCIBE, 2020)

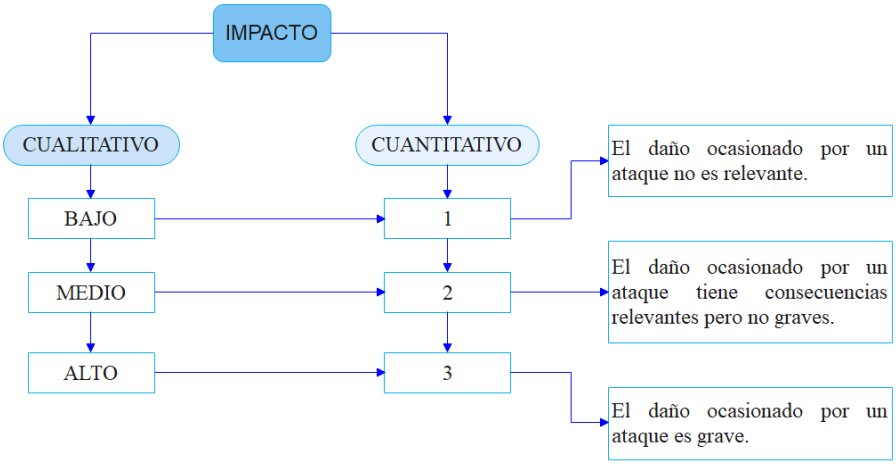


Figura 3 – Diagrama de Impacto adaptado de (INCIBE, 2020)

Para la valoración cualitativa se usa una matriz de riesgo, que permite reconocer los riesgos que se encuentra expuesta la red puede ser muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, se obtiene una idea general de los riesgos del objeto de estudio

Bajo		**Impacto**		
		Medio	**Alto**	
Probabilidad	**Bajo**	Muy Bajo	Bajo	Medio
	Medio	Bajo	Medio	Bajo
	Alto	Medio	Alto	Muy Alto

Tabla 2 – Permite identificar los riesgos a la que está expuesta

Para determinar la probabilidad de las vulnerabilidades encontradas se lo realizó con la siguiente fórmula:

$$\text{Probabilidad} = \frac{\Sigma \text{ de todos los valores de vulnerabilidad}}{\text{Cantidad total de vulnerabilidades}}$$

3. Resultados

3.1. Amenazas y vulnerabilidades detectadas

La Tabla 3 muestra las principales amenazas y vulnerabilidades del análisis de riesgos aplicado a toda la red SCADA, que servirá de base para la aplicación de los controles del Anexo A de la norma ISO 27001:2005.

Amenaza	**Vulnerabilidad**	**Número de *host***
Actualización de seguridad crítica	Múltiples defectos en el servidor de Microsoft Server Message Block (SMBv1)	11
Informes de Enumeración de Servicios DCE/RPC y MSRPC	Se ejecutan en diferentes puertos, y se puede aprovechar para tener más conocimientos del host.	20
Marcas de tiempo TCP	Se calcula el tiempo de actividad del host remoto	8
Actualización de boletines de Microsoft MS15-034	Ejecución remota de CPDE en HTTP.sys	3
Servidor SMB de Microsoft Windows	Una explotación permitirá a los atacantes remotos obtener capacidad de ejecutar códigos en el servidor.	11
Autenticación de sesiones NULL en Microsoft Windows SMB/NETBIOS	Permite un recurso compartido para iniciar sesión con usuario y contraseñas vacías.	1
Divulgación de información en la página de bienvenida	Acceder a información confidencial	3
Detección de protocolos TLSv1.0 y TLSv1.1. obsoletos	Se usa para defectos criptográficos conocidos para espiar las conexiones entre clientes y servicios.	4

Amenaza	Vulnerabilidad	Número de *host*
Divulgación de información sobre productos NetOp	Si se hace pública la información podría existir robo de información de usuarios.	2
Información de suite de cifrados	Las conexiones de red entre cliente y servidor están libres para cualquier ataque.	1
Trasmisión de datos sin cifrar del servidor VNC	Los datos confidenciales se pueden descubrir.	1

Tabla 3 – Amenazas y vulnerabilidades

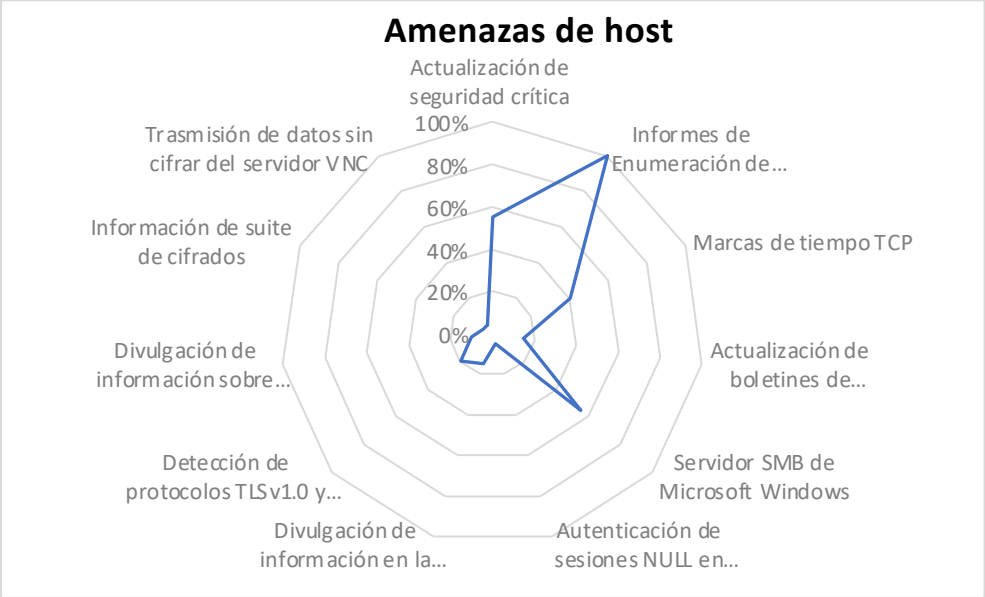
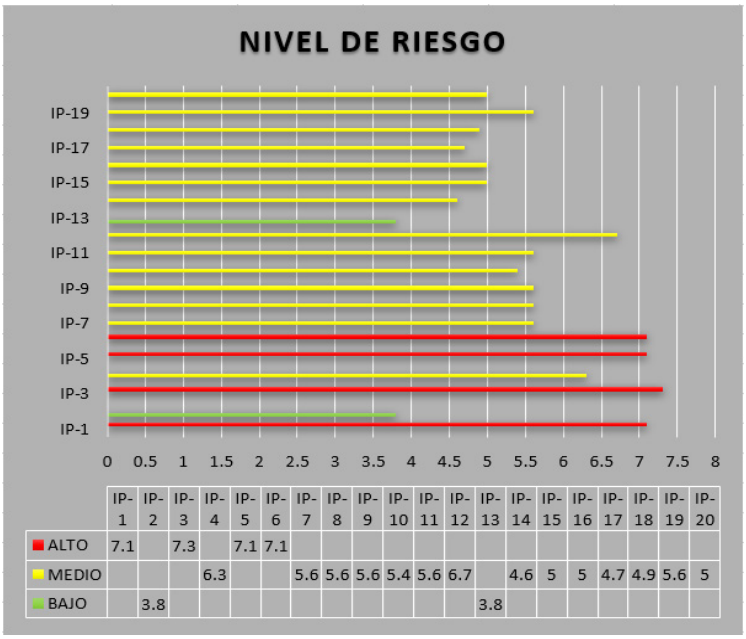


Figura 4 – Porcentaje de amenazas de host

La figura 4 muestra la tabulación de las amenazas encontradas en los 20 hosts analizados, el 100% de los hosts tienen Informes de Enumeración de Servicios DCE/RPC y MSRPC debido a puertos abiertos para procesos remotos, en el segundo lugar de amenaza con 55% el Servidor SMB de Microsoft Windows y Actualización de seguridad crítica, y con el 40 % las marcas de tiempo TCP; mientras que las otras se consideraron como nivel bajo de riesgo para la empresa.

La figura 5 muestra los datos obtenidos del análisis de riesgos, en este caso constituyen los activos informáticos, tomando como criterio los niveles aceptados por la empresa que son: 0 a 3,9 nivel bajo, 4 a 6,9 nivel medio y 7 a 10 nivel alto, estos valores son tomados del programa de análisis de riesgos utilizado para la implementación del proyecto.



	IP-1	IP-2	IP-3	IP-4	IP-5	IP-6	IP-7	IP-8	IP-9	IP-10	IP-11	IP-12	IP-13	IP-14	IP-15	IP-16	IP-17	IP-18	IP-19	IP-20
ALTO	7.1		7.3		7.1	7.1														
MEDIO				6.3			5.6	5.6	5.6	5.4	5.6	6.7		4.6	5	5	4.7	4.9	5.6	5
BAJO		3.8											3.8							

Figura 5 – Nivel de riesgo del anfitrión

Con los datos obtenidos en los controles, se proponen las siguientes soluciones para afrontar el riesgo:

- Actualizar los boletines de Microsoft
- Los datos deben estar encriptados
- Los puertos deben estar bien configurados
- La información confidencial debe tener una fuerte seguridad
- El acceso debe ser sólo con un nombre de usuario y contraseña válidos con los datos del usuario

Para el caso actual, la opción más viable es mantener los sistemas actualizados o controlar la probabilidad de ocurrencia, basándose en lo siguiente:

- Mantenimiento preventivo
- Software de supervisión de redes
- Software de detección de vulnerabilidades

3.2. Discusión

La seguridad de las redes está subvalorada en Ecuador, ya que la mayoría de las empresas no cuentan con un sistema de gestión de seguridad que se ajuste a sus necesidades (Jurado Pruna et al., 2020). Cabe destacar que no existen leyes que obliguen a las empresas a contar con un departamento de seguridad de la red o de la información que se especialice en brindar seguridad a los datos confidenciales, prevenir ataques y suplantación de usuarios, entre otros, para crear un ambiente de trabajo confiable.

La ley de protección de datos que se aprobó en mayo de 2020 en la cual indica la existencia de un responsable de protección de datos en las empresas públicas, pero no exige un responsable de seguridad de la información (Mayorga-Jácome et al., 2019), (Moreno, 2021).

La seguridad de la red es diferente dependiendo del tipo de actividad que ejerza la empresa, así como su software de protección y las políticas de seguridad que se implementen en ellas, en base a esta primicia en el estudio se aplicaron los controles del Anexo A de la norma ISO 27001:2005 seleccionando los relativos a las amenazas y vulnerabilidades, sin embargo se encontró que no es necesario tener acceso a internet para recibir un ataque a la red de gran magnitud sino que solo basta con introducir una memoria USB que contenga un virus lo que se conoce como un ataque interno.

Un análisis de riesgos permitirá mitigar todas las vulnerabilidades a tiempo para evitar problemas más graves en el futuro, lo que ayudará a las auditorías internas ya que el SGSI se mantendrá al día y además no habrá motivos para preocuparse, para mantener y mejorar el SGSI se deben tener en cuenta los resultados de las auditorías, que ayudarán a la empresa a ver si los objetivos de control están funcionando y se cumplen. La mejora vendrá del compromiso de cada uno de los usuarios de tener políticas claras y también de la publicación de las nuevas políticas que se hayan creado debido a los hallazgos y cambios en los activos de la empresa.

Una muestra de obligatoriedad son los ataques de un virus informático de la familia Ran-somEXX (Hernández Alemán, 2021) que es una forma de extorsión ya que el atacante encripta la información, la almacena y pide recompensas por ella (Valadés, 2021), esto se pudo evidenciar en empresas públicas y privadas que son: CNT, Banco Del Pichincha, IESS, Petroecuador y SRI donde se pide una recompensa en bitcoins valorando el nivel de importancia de la información interna que se ha obtenido de cada una de las entidades mencionadas, aunque la entidad encargada de salvaguardar la información es el Ministerio de Telecomunicaciones no existen medidas para actuar ante cualquier ataque informático, denotando la falta de implementación de políticas y estrategias nacionales de ciberseguridad, a diferencia de otros países que cuentan con estrategias inmediatas para actuar si esto llegara a ocurrir (Díaz & Valentín, 2021).

4. Conclusiones

La brecha de seguridad encontrada gracias al análisis de riesgo es un indicador que este proceso debe realizarse con frecuencia, así como llevar un registro de los hallazgos que se encuentren para reducir o mitigar las vulnerabilidades y lograr un sistema de seguridad confiable.

La matriz de riesgo utilizada para estimar la probabilidad y el impacto ayudó a generar los valores de riesgo a los que estuvo expuesto cada segmento de red, de los cuales se mitigaron los altos, medios y se emitieron recomendaciones para los bajos. Además, se colocó el sistema de detección de amenazas, así como las políticas a implementar para el correcto funcionamiento del sistema de Seguridad de la Información.

El diseño del plan de seguridad de la información de la red SCADA incluye políticas, instrucciones, procedimientos, copias de seguridad, tablas y formatos, además de la

sugerencia de controles del Anexo A de la norma ISO 27001:2005 como contramedidas y salvaguardas. Además, con la ayuda del software Kaspersky Security Center instalado en una computadora que tiene acceso a los hosts de los dos segmentos de red del área de producción y así los monitorea en tiempo real, proporcionando reportes de cualquier incidente que se registre.

Para una segunda fase, está previsto que la vigilancia de la red se extienda a los PLC que componen la red SCADA, así como a los ataques que puedan causar grandes daños a la parte de maquinaria de las industrias.

Referencias

Anabalón, J., & Donders, E. (2014). *Seguridad en Sistemas SCADA un Acercamiento Práctico a Través de EH e ISO 27001:2005. May*. http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/37126298/Seguridad_en_sistemas_SCADA_-_un_acercamiento_practico_a_traves_de_EH_e_ISO_27001-MonkeysLab.pdf? AWSAccessKeyId = AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires = 1495180366&Signature = Jw5ql8Os6KKTMEtlsj0FuisZQyc%3D&respon

Bello, R., & Becerra, M. (2020). Metodologías de evaluación del riesgo en ciberseguridad aplicadas a sistemas SCADA para compañías eléctricas. *Espacios*, *41*, 27–41.

Cedeño Viteri, N. (2013). La investigación mixta, estrategia andragógica fundamental para fortalecer las capacidades intelectuales superiores. *Journal of Chemical Information and Modeling*, *53*(9), 1689–1699. http://resnonverba.ecotec.edu.ec/edicion2/revista_completa.pdf#page=38

Chamorro, V. (2013). *Seguridad de la informacion basado en el estandar ISO 13335 Aplicado a un caso de estudio*. 147. https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5617?mode=full

Díaz, D. S., & Valentín, E. (2021, July 23). *Virus RansomEXX es el responsable del ciberataque a CNT*. https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/virus-ransomeware-cnt-ministerio-telecomunicaciones.html

Hernández Alemán, R. (2021). *Ramsoware: una amenaza cibernética que puede ser evitada*. 12–15.

Herrera Silva, J. A., Veloz Bazante, F. D., López Barona, L. I., Caraguay Valdivieso, Á. L., & Hernández Álvarez, M. (2019, September). *Iberian Journal of Information Systems and Technologies Nº E23*. 248–261.

Jurado Pruna, F. X., Jeada Yarad, P. V., & Carrión Jumbo, J. L. (2020, January). *Análisis de las características del sector microempresarial en Latinoamérica y sus limitantes en la adopción de tecnologías para la seguridad de la información*. *7*(1), 1–26. http://revistas.ecotec.edu.ec/index.php/ecociencia/article/view/303/233

Kumar, B. C. (2021). *herramientas gratuitas en línea para analizar las vulnerabilidades y el malware de seguridad de sitios web*. 1–12.

Manzano-Vite, L. S., León-Mendoza, M., Villacis-Iza, M., & Andaluz-Espinosa, D. (2019, September). *Iberian Journal of Information Systems and Technologies Nº E23*. 302–313.

Marshall, T. H. (1951). Society Under the Microscope. *Nature*, *168*(4281), 847–847. https://doi.org/10.1038/168847b0

Mayorga-Jácome, T. C., García-Jiménez, M., F, Duret-Gutiérrez, J., Carrión-Jumbo, J. L., & Yarad-Jeada, P. V. (2019). Historia de la normativa reguladora de la Protección de Datos de carácter personal en distintos países Latinoamericanos. *Revista Cientifica Dominio de Las Ciencias*, *5*, 518–537.

Mayorga Jácome, T. C. (2014). *Seguridad Informática y la Relación en la Utilización de Internet como herramienta de apoyo en la formación de niños, niñas y adolescentes de educación inicial y básica del Centro Educativo La Pradera*. https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/6988

Mazel, J., & Strullu, R. (2019). *Identifying and characterizing ZMap scans: a cryptanalytic approach*. http://arxiv.org/abs/1908.04193

Moreno, P. S. (2021). PROTECCIÓN DE DATOS. *Solines y Asociados (Abogados)*, 12.

Schwarz, S. (2021). Misión OpenVAS. *OpenVas*, 44–49.

Security, K. E. (2014). Kaspersky Endpoint Security. *Kaspersky Endpoint Security*. https://latam.kaspersky.com/small-to-medium-business-security/endpoint-advanced

Silva G., F. (2018). StuxNet – El software como herramienta de control geopolítico. *Revistapuce*. https://doi.org/10.26807/revpuce.v0i106.141

Tanner, N. H. (2019). Kali Linux. In *Cybersecurity Blue Team Toolkit*. https://doi.org/10.1002/9781119552963.ch14

Valadés, B. (2021, June 26). *Ciberseguridad Ecuador publica su Política Nacional de Ciberseguridad*. https://www.segurilatam.com/actualidad/ciberseguridad-ecuador-publica-su-politica-nacional-de-ciberseguridad_20210625.html

Vargas Borbúa, R., Reyes Chicango, R., & Recalde Herrera, L. (2017). *Ciberdefensa y ciberseguridad, más allá del mundo virtual: modelo ecuatoriano de gobernanza en ciberdefensa*. *20*.

Vivanco Herrera, H. R., & Camacho Reina, A. G. (2020). Analysis of Cryptographic Technologies Based on ISO27001 Standards. In *Springer, Cham* (pp. 402–411). https://doi.org/10.1007/978-3-030-32033-1_37

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

Recebido/Submission: 10/07/2022
Aceitação/Acceptance: 12/11/2022

Automatización de un proceso industrial virtual de ensamblaje utilizando Factory IO

Salazar Jácome Elizabeth[1], Sánchez Ocaña Wilson[2],
De la Torre Guzmán Javier[3], Aguas Bucheli Luis[4]

msalazar@uisrael.edu.ec; wesanchez@espe.edu.ec; jdelatorre@uisrael.edu.ec; laguas@uisrael.edu.ec

[1] Universidad Israel, Francisco de Orellana y Marieta de Veintimilla, 170203, Pichincha, Ecuador.

[2] Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Quijano y Ordóñez, 050102, Cotopaxi, Ecuador.

[3] Universidad Israel, Francisco de Orellana y Marieta de Veintimilla, 170203, Pichincha, Ecuador.

[4] Universidad Israel, Francisco de Orellana y Marieta de Veintimilla, 170203, Pichincha, Ecuador.

Pages: 12-23

Resumen: El aire comprimido es la mayor fuente de potencia en la industria, es segura, económica, fácil de transmitir y adaptable. En la actualidad son varias las tareas en las que se utilizan circuitos neumáticos para realizar una función definida además que las industrias sin importar su tamaño se ven en la obligación de sustituir la fuerza y la habilidad manual por la fuerza y precisión neumática, ya que esta puede cumplir funciones de alta calidad, con mayor rapidez y sobre todo durante más tiempo sin sufrir los efectos de la fatiga. El presente documento indica la comunicación entre diferentes programas como es Tia Portal y FluidSIM con un escenario del proceso de piezas con tapas y bases en Factory IO, con la finalidad de permitir mediante un protocolo común de un servidor de comunicación OPC KepServerEX, enlazar plataformas de programación gráfica con herramientas de virtualización de características abierta y propietarias.

Palabras-clave: Aire comprimido, industria, adaptable, circuitos neumáticos, calidad, presión neumática.

Automation of a virtual industrial assembly process using Factory IO

Abstract: Compressed air is the largest source of power in the industry, it is safe, economical, easy to transmit and adaptable. At present there are several tasks in which pneumatic circuits are used to perform a defined function, and industries, regardless of their size, are forced to replace manual force and skill with pneumatic force and precision, since this You can perform high-quality functions, faster, and especially longer, without suffering the effects of fatigue. This document indicates the communication between different programs such as Tia Portal and FluidSIM with a scenario of the process of parts with covers and bases in Factory IO, in order to allow, through a common protocol of an OPC KepServerEX communication

server, linking platforms of graphical programming with open and proprietary feature virtualization tools.

Keywords: Compressed air, industry, adaptable, pneumatic circuits, quality, pneumatic pressure.

1. Introducción

En las industrias el aire a presión superior a la atmosférica es la principal unidad de generación ya que estas presentan variadas ventajas en el ámbito de seguridad, en lo económico, además que es fácil de transmitir y adaptar (Berner, 2015)

Gracias al crecimiento y uso que hoy en día tiene la automatización de procesos, hoy es posible adaptar la neumática en la industria, actualmente es posible realizar procesos neumáticos que antes parecían imposibles de realizar, se hacen presentes en equipos utilizados en industrias como: alimentaria, farmacéutica, de envasado, entre otras. (Serrano, 2012)

Una de las aplicaciones del aire en condiciones de uso de potencia son actuadores como: cilindros y motores, que unidos mediante una cadena cinemática pueden formar robots y máquinas industriales, que con usos secuenciales programados y predefinidos generan tareas para obtener un trabajo final. (Levy, y otros, 2012).

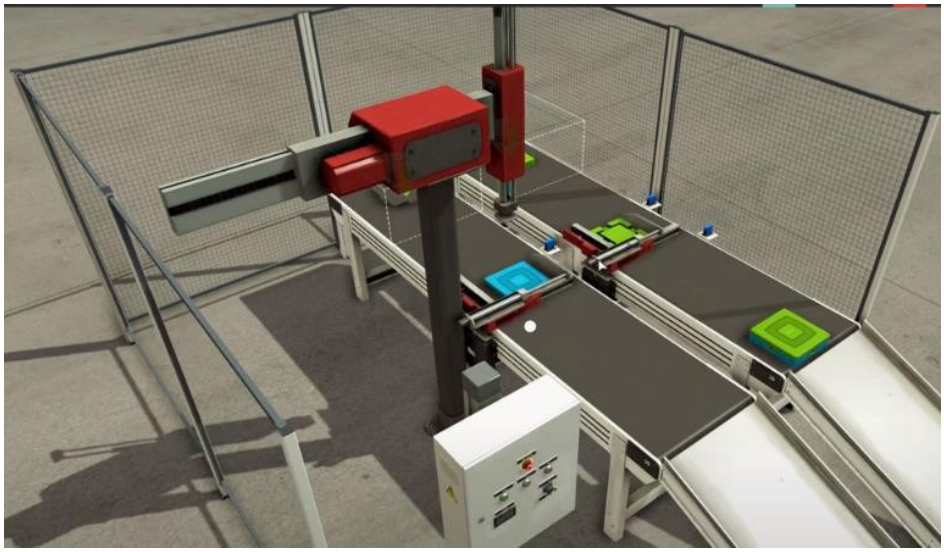


Figura 1 – Escenario de Factory IO

2. Metodología

La metodología empleada en este tipo de ensayo fue experimental, utilizando herramientas informáticas de características industriales y virtualización de procesos como se detalla a continuación:

- Para la programación se empleó el lenguaje de programación Ladder, que realiza la interpretación de la secuencia lógica de funcionamiento del proceso, para comunicar al servidor OPC con la herramienta de virtualización gráfica Factory IO.
- En la simulación y comunicación de los procesos se utilizó FluidSim_P V4.5, para el diseño y activación de los OPC, para que el algoritmo de control se centralice en el controlador programado y configurado en el TiaPortal.

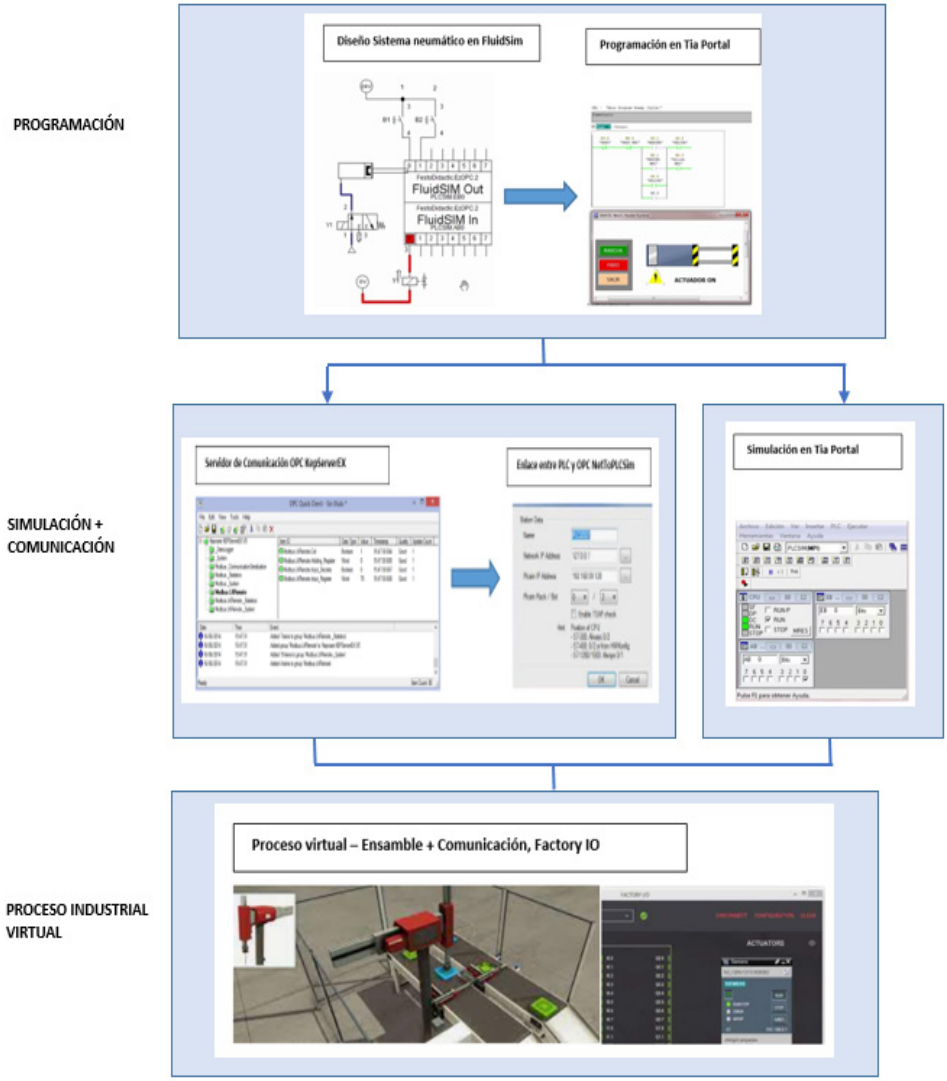


Figura 2 – Metodología desarrollada

- Para el proceso industrial virtual se utilizó Factory IO, donde se modela todo el proceso y se virtualiza cada una de las escenas de la ensambladora

La figura 2 muestra a detalle la metodología aplicada en el desarrollo del presente proyecto.

Para la implementación del presente proyecto se requiere los siguientes materiales:

- Fuente de aire comprimido.
- Unidad de mantenimiento.
- Cilindro doble efecto.
- Válvula antirretorno.
- Válvula estranguladora.
- Fuente de tensión (0V) y (24V).
- Contacto normalmente cerrado.
- Contacto normalmente abierto.
- Contacto Reed (normalmente cerrado)
- Contacto Reed (normalmente abierto).
- Solenoide de válvula.
- Interruptor de proximidad magnético y óptico.
- Puerto de salida FluidSIM.
- Puerto de entrada FluidSIM

2.1. FluidSIM

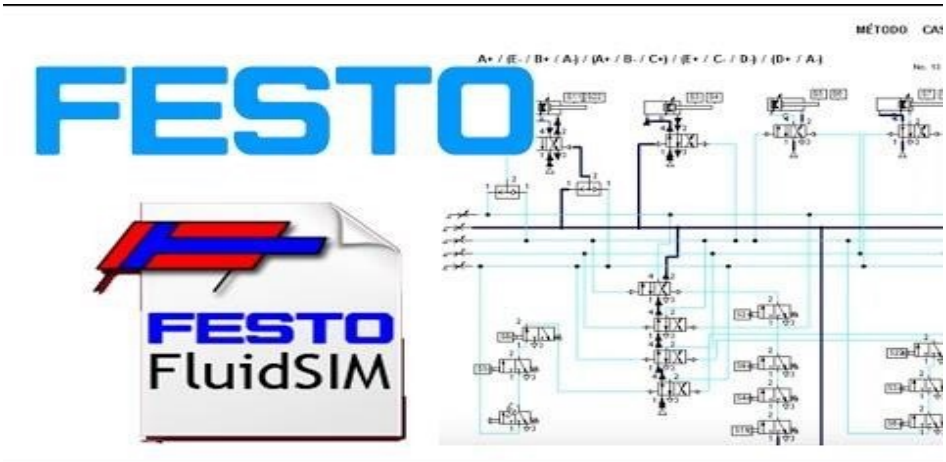


Figura 3 – Programa de FluidSIM

Con el uso de FluidSim es posible simular el proceso de ensamblaje, permite crear circuitos electro neumáticos, uso de componentes eléctricos y neumáticos, permite visualizar el estado de cada conducto y cilindro, se puede controlar la velocidad de la simulación utilizando funciones paso a paso, y accionar manualmente las válvulas e interruptores. (Obregon, 2020).

2.2. Tia Portal V16

Framework de ingeniería que permite ir desde la planificación hasta la puesta en marcha de cualquier diseño, posee nueva interfaz de control VCI, que integra objetos de versiones distintas sin inconveniente alguno durante el proceso de desarrollo. (Andrade & Peralta, 2015).

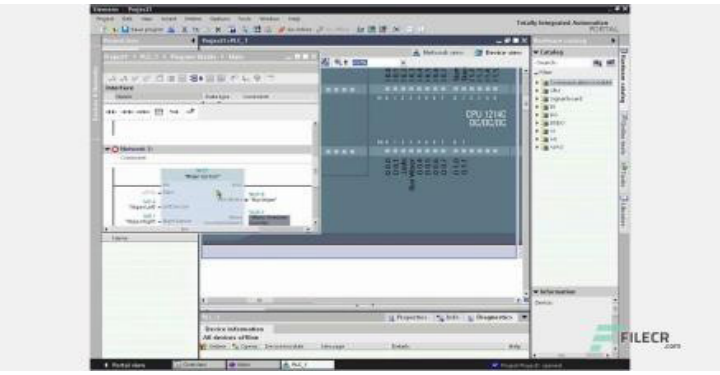


Figura 4 – Programa de Tia Portal V16

2.3. KEPServer

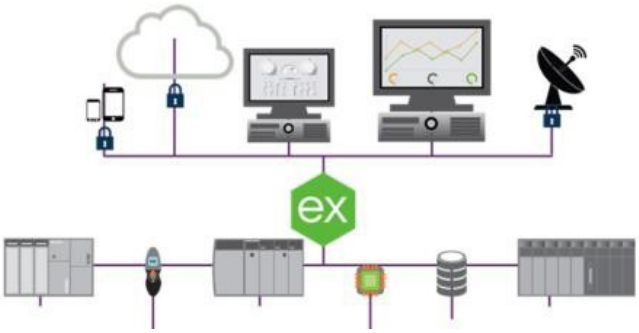


Figura 5 – KEPServerEX

En el proceso de comunicación es fundamental contar con KEPServer, ya que garantiza la fiabilidad de los datos, a la vez que minimiza el número de servidores de comunicación para la recolección de datos en la aplicación desarrollada, reduce el tráfico de la red, es una plataforma escalable que garantiza la comunicación en automatización. (Programador Clic, 2021).

2.4. NetToPlcsim

Gracias al uso de NetToPLCSim es posible simular un sistema SCADA mediante el uso de una red sin tener de forma física el PLC, únicamente se requiere del simulador S7-PLCSIM. (SourceForge, 2020).

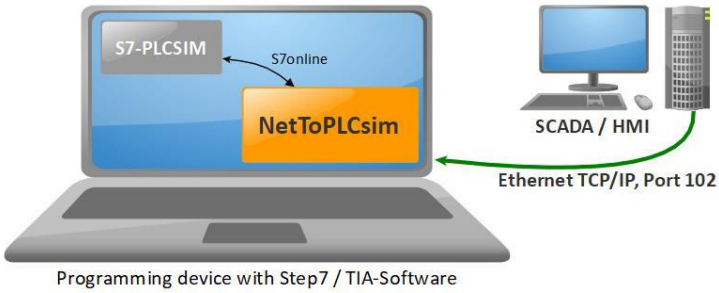


Figura 6 – NetToPLCSim

2.5. Ensamblaje Analógico Factory IO

La herramienta Factory IO permite integrar un conjunto de piezas organizadas en categorías, utilizadas para simulación de cualquier tipo de ensamblaje, es fácilmente adaptable al modelo que se desea construir, utiliza artículos, piezas de carga pesada, piezas de carga ligera, sensores, operadores, estaciones, dispositivos 28 de advertencia y pasillos. (Marín, 2018).

Figura 7 – Componentes de Factory IO

2.6. Funcionamiento Factory IO - Ensambladora Analógica

La ensambladora consta de dos bandas transportadoras con sus respectivos alimentadores, un brazo robótico cartesiano, con 2 grados de libertad, dos griper sujetadores y dos elevadores, así como también un tablero de control local. (López, 2019)

Por el alimentador 1 ingresa la matriz hembra que es transportada por la banda 1 hasta la base del robot cartesiano, el griper sujetador se cierra, mientras baja el robot en el eje Z,

al acercarse al material actúa una ventosa que genera un vacío que transportará la matriz hacia la banda 2, donde se acoplará con la matriz macho generando el acoplamiento esperado para que finalmente sea transportado el producto final en el sitio de despacho.

Figura 8 – Escenario de Factory IO

Los motores que se pueden ocupar en las bandas transportadoras van desde 1 hp en adelante ya que todo va a depender el tipo de banda que necesitamos mover el peso del producto y la velocidad con la que queremos que avancen los productos ya que en algunos casos pueda que se necesiten hasta 2 motores o más. (Area Tecnológica, 2020).

3. Resultados

La ensambladora analógica es una de las escenas que la herramienta informática de virtualización gráfica Factory IO brinda, da la posibilidad de acercarse a un proceso real, sumado a las bondades de aumentar o disminuir elementos de censado y actuación conforme la aplicación que se desee, así como protocolos de comunicación industrial y controladores existentes en el mercado nacional e internacional.

3.1. Supervisión y adquisición de datos

Para empezar el funcionamiento de la máquina ensambladora se utilizó un sistema SCADA que permita el control y la adquisición de datos del funcionamiento de la máquina. En este caso se utilizó un sistema WinCC RT Advanced con adaptación de una tarjeta de red Profinet IE general.

La implementación de un PLC de características S7-1500, el mismo que nos permitirá realizar una programación en el cual se vincule cada uno de los elementos que componen la máquina ensambladora para que los sistemas puedan ser activados de una manera correcta

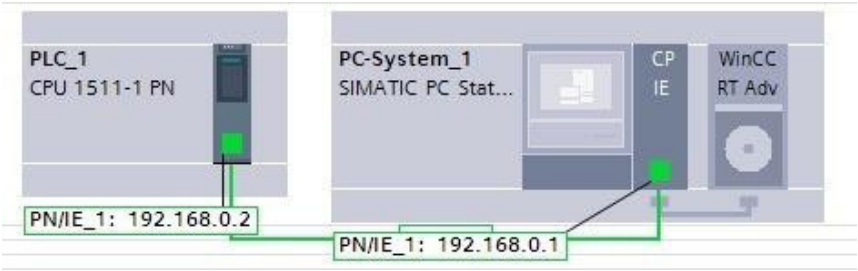


Figura 9 – Sistema SCADA con PLCS7-1500

3.2. Conexión con Factory IO

El direccionamiento de los Tags a Factory I/O, no requiere de muchos protocolos, pero si de una coordinación de entradas y salidas de datos, debido a que las direcciones propuestas para cada uno de los Tags deben ser las mismas tanto en TIA Portal como en Factory I/O.

Para la realización de esta simulación se ha realizado la conexión del Factory I/O con el simulador del PLC S7-1500.

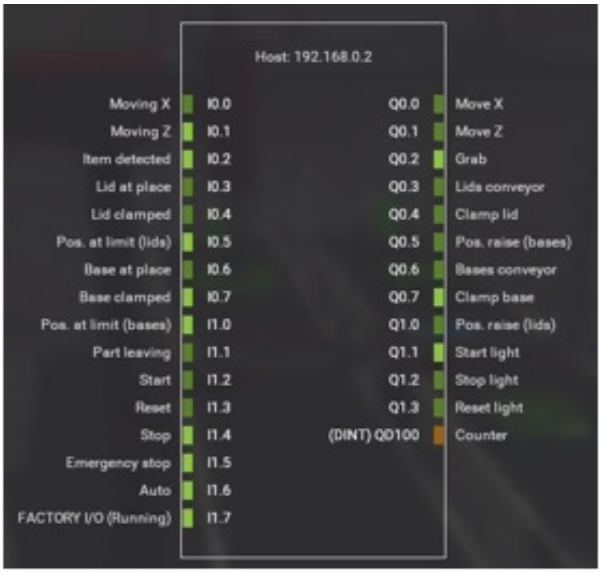


Figura 10 – Tags del Driver

La máquina reconoce los sensores y provoca el posicionamiento de las piezas y succión de estas para posteriormente ser ensambladas y que continúen el camino por los conveyors

que las direccionaran al punto de empaquetamiento, pasando antes por un sensor de conteo.

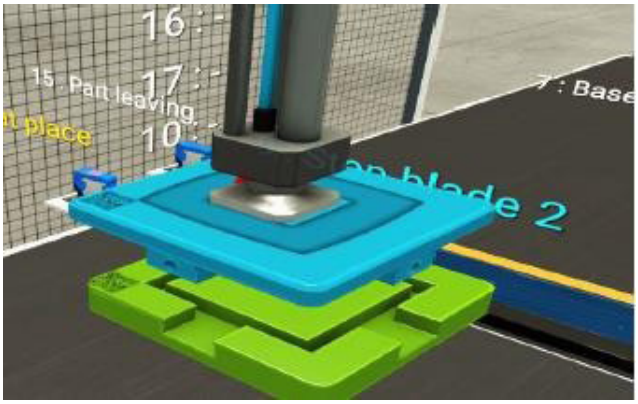


Figura 11 – Ensamblaje de las piezas

El sensor Part-Leaving se activará provocando que un contador interno en la programación se ejecute y envíe sus resultados a al tablero de control de la maquina ensambladora, esto permitirá tener un control de cuantas piezas se han ensamblado y si se requiere más material o se ha completado la producción deseada.

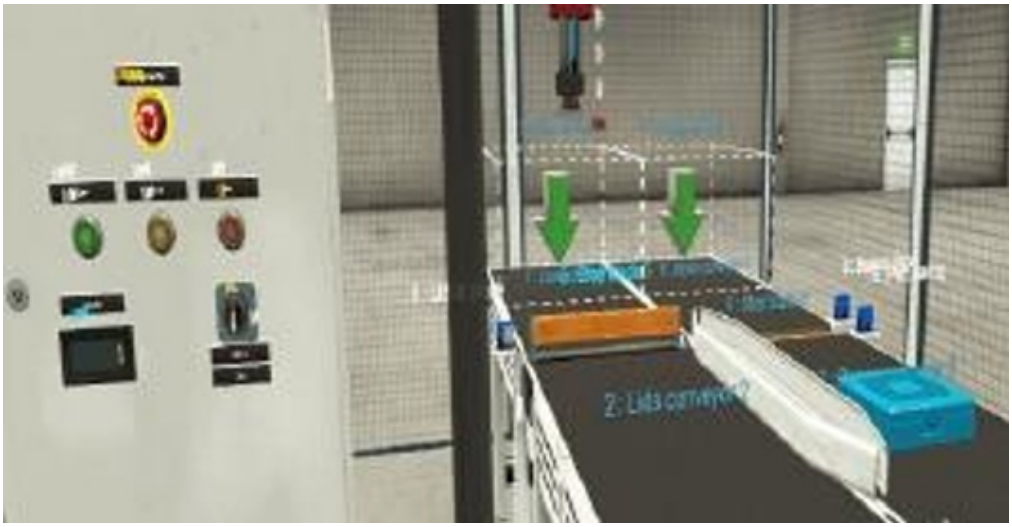


Figura 12 – Conteo de piezas ensambladas

A continuación, se presenta el circuito implementado en FluidSIM.

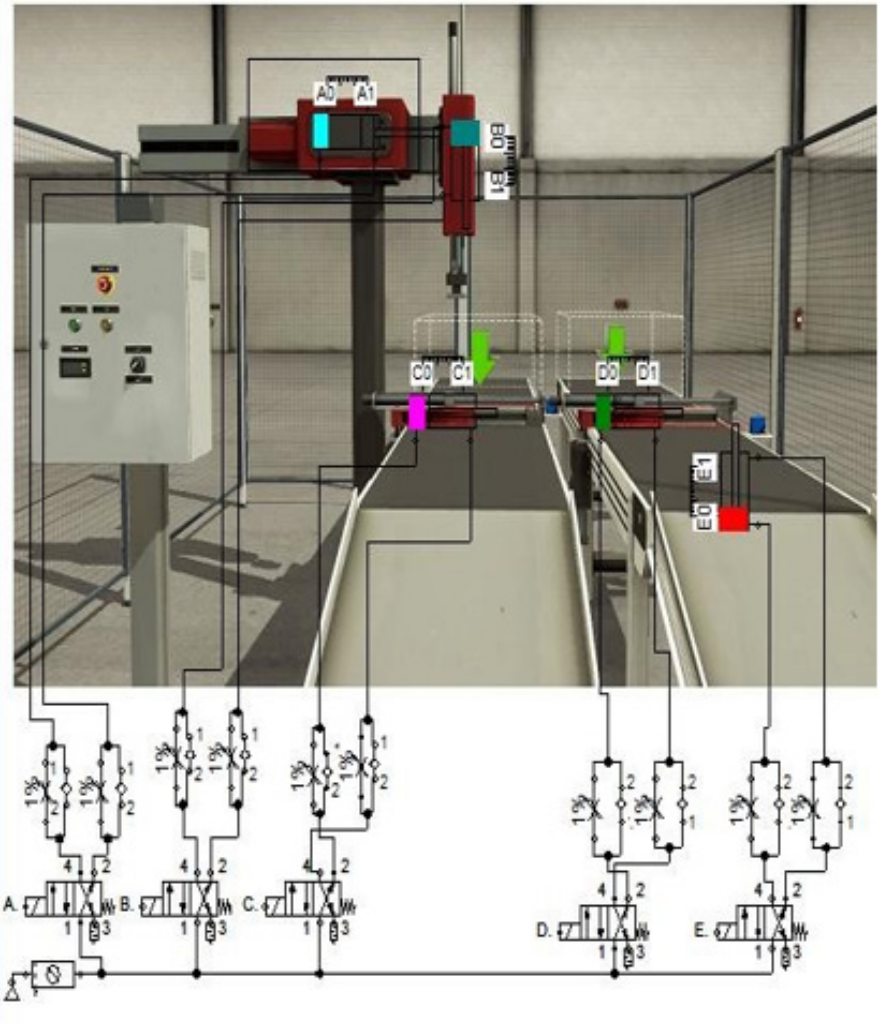


Figura 13 – Circuito implementado

4. Conclusiones

Basándonos en la norma 611381-1 se ha utilizado el lenguaje de programación Ladder con la finalidad de facilitar la interpretación de la secuencia lógica de funcionamiento del proceso, en un controlador Siemens S7-1500 CPU 1511-1, que brinda facilidad en la comunicación tanto con el servidor OPC así como con la herramienta de virtualización gráfica Factory IO.

Utilizando el software de modelamiento y simulación de fluidos FluidSim_P V4.5, se generó el diseño electro neumático y la activación de los OPC, para que el algoritmo de control se centralice en el controlador programado y configurado en el TiaPortal.

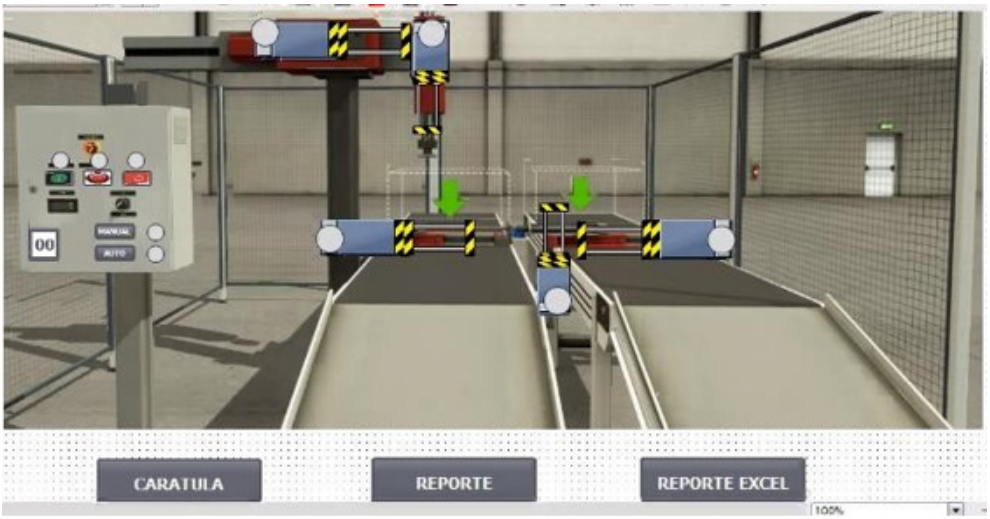


Figura 14 – HMI Tia Portal

Los servidores de comunicación OPC que brindan la interpretación del lenguaje Ladder al lenguaje gráfico del simulador de fluidos son: NetToPLCSim y KepServerEX, siempre y cuando el OPC Client se mantenga activo.

A la escena de virtualización "ensamblaje analógico" que viene por defecto en el Factory IO se le ha agregado sensores de presencia en las dos bandas transportadoras, así como lámparas de visualización en el tablero de control local, con la finalidad de que el proceso virtual sea lo más cercano a uno real.

En el servidor del Factory IO se ha seleccionado como controlador un S7-1500, la tarjeta de comunicación PLCSim Adapter Ethernet, acoplamos en el controlador virtual tanto las entradas como las salidas y la dirección IP que se solicita debe ser la del controlador programado en el TIA Portal.

El uso de la maquina ensambladora es una de las más utilizadas en las plantas de producción, ya sea esta de artículos de juguetería o a su vez en las embotelladoras que requieran una tapadora de cajas. Siendo este el ejercicio perfecto para la simulación de elementos en el campo de trabajo

Referencias

Andrade, P., & Peralta, J. (2015). Diseño e Implementación de una planta industrial para llenado de sólidos mediante la técnica de número de vueltas a ser instalado en el laboratorio de Automatización Industrial. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana, Ingeniería Electrónica, pp. 58-65.

Area Tecnológica. (2020). Motor eléctrico. https://www.areatecnologia.com/EL%20MOTOR%20ELECTRICO.htm

Berner, J. (2015). Automatic tuning of PID controllers based on asymmetric relay feedback. Doctoral dissertation, Department of Automatic Control, Lund University.

Cosa, J. (2019). Automatización de un almacén. Universidad Politécnica de Valencia, pp. 18-19.

Del Barrio, V. (2017). Diseño y Programación de Varias estaciones de trabajo mediante el uso de PLC y Software específicos. Valladolid: Universidad de Valladolid, Escuela de Ingenierías Industriales, pp. 55-61.

FESTO. (agosto de 2007). Manual de Usuario FluidSIM, Neumática, pp: 254-274. https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/723058_fl_sim_p42_es_offset.pdf

Levy, S., Korotkin, S., Hadad, K., Ellenbogen, A., Arad, M., & Kadmon, Y. (2012). PID autotuning using relay feedback. In 2012 IEEE 27th Convention of Electrical and Electronics Engineers in Israel, (pp. 1-4).

López, M. (2019). Industria 4.0 Para la monitorización de un proceso industrial. Ambato: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Tecnologías de la Información, Telecomunicaciones e Industrial, pp. 54-60.

Marín, J. (2018). Diseño de un sistema de control distribuido usando Factory IO y Codesys V3 (Comunication through OPC). Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla, Sevilla: pp: 26-36.

Obregon, J. (2020). Estudio de la Industria 4.0 y los sistemas de neumática proporcional. Guía de circuitos electroneumáticos. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Facultad de Educación Técnica para el desarrollo, pp. 55-58.

Programador Clic. (2021). KepServer se utiliza como servidor OPC para conectarse a la configuración del PLC Siemens. https://programmerclick.com/article/85891701699/

RealGames. (2020). Scenes Factory IO. https://docs.factoryio.com/manual/scenes/

Serrano, F. E. (2012). Análisis Comparativo de Métodos de Sintonía PI/PID en el Dominio de la Frecuencia en Problemas de Regulación. IEEE COONESCAPAN, Tegucigalpa, Honduras, 1-8.

SourceForge. (2020). NetToPLCsim - Network extension for Plcsim. http://nettoplcsim.sourceforge.net/

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

Recebido/Submission: 31/07/2022
Aceitação/Acceptance: 30/11/2022

Juguete tipo puzzle para ayudar en el desarrollo de la concentración en niños con TDAH

Francisco Jurado[1], Erika Escobar[2], Carolina Proaño[3], Javier Aguilera[4]

fjurado@uisrael.edu.ec; eescobar@uisrael.edu.ec; caproanio@uisrael.edu.ec; javiandrew_21@hotmail.com

[1] Universidad Tecnológica Israel, Francisco Pizarro E4-142 y Marieta de Veintimilla, 170522, Quito, Ecuador.

[2] Universidad Tecnológica Israel, Francisco Pizarro E4-142 y Marieta de Veintimilla, 170522, Quito, Ecuador.

[3] Universidad Tecnológica Israel, Francisco Pizarro E4-142 y Marieta de Veintimilla, 170522, Quito, Ecuador.

[4] Universidad Tecnológica Israel, Francisco Pizarro E4-142 y Marieta de Veintimilla, 170522, Quito, Ecuador.

Pages: 24-39

Resumen: El trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH) es un desorden de carácter neurobiológico que aparece en la infancia, este afecta al crecimiento de los niños al incrementar las probabilidades de presentar problemas de aprendizaje, los rompecabezas resultan significativamente útiles, ya que ayudan a incrementar la capacidad analítica y de síntesis, esta herramienta incentiva el pensamiento lógico, la observación, la visión espacial, la motricidad y la coordinación, el presente trabajo presenta el desarrollo de un dispositivo tipo rompecabezas electrónico para ser una herramienta que desafié la capacidad de concentración, habilidad, atención y comportamiento del niño, con diferentes niveles de complejidad basados en figuras, patrones y rostros sencillos, se empleó la metodología cualitativa en pruebas de uso en un número reducido de niños debido a la situación de pandemia global y así determinar la factibilidad de que el juguete sea de ayuda para un niño diagnosticado con TDAH.

Palabras-clave: Rompecabezas; TDAH; Tecnología; Juguete.

Puzzle-type toy to help in the development of concentration in children with ADHD

Abstract: Attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) is a neurobiological disorder that appears in childhood. It affects the growth of children by increasing the chances of presenting learning problems. Puzzles are useful because they help to increase the analytical and synthesis capacity. This tool encourages logical thinking, observation, spatial vision, motor skills, and coordination. This article presents the development of an electronic puzzle-type device to be a tool that challenges the ability to concentrate, ability, attention, and behavior of the child, with various levels of complexity based on figures, patterns, and simple faces. The qualitative methodology was used in tests of use in a small number of children due to the global pandemic situation and thus determine the feasibility that the toy is helpful to a child diagnosed with ADHD.

Keywords: Puzzle; ADHD; Technology; Toy.

1. Introducción

Los niños son seres muy complejos debido a que en esta etapa de la vida los seres humanos están en constante desarrollo y descubrimiento, aunque es normal que un niño se deje impresionar fácilmente por diversas cosas a la vez, esto se puede volver un problema si realmente no se llega a concentrar nunca en ninguna actividad.

El Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) como lo menciona Rodillo (2015), es un trastorno neurobiológico asociado a un importante impacto funcional tanto en lo personal como en lo social, posee un fuerte componente genético, al involucrar múltiples genes que interactúan con factores ambientales y neurobiológicos, que aumentan la susceptibilidad genética y la heterogeneidad del cuadro clínico, en este sentido Rusca y Cortéz (2020), mencionan que el trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) es una alteración asociada al neurodesarrollo.

El TDAH se lo ha asociado a una fisiopatológica, en el que se afectan las funciones ejecutivas de una persona, lo que conlleva a dificultades para responder a ciertos estímulos, el TDAH según se menciona en este trabajo puede llegar hasta un 50% de las consultas en psiquiatría infantil y su prevalencia suele estar de entre el 2 a 12% de la población pediátrica; tiene un origen multifactorial y en el 70% de casos puede coexistir con otros trastornos psiquiátricos y neurológicos

El diagnóstico de este trastorno es clínico y requiere de un examen cuidadoso, el que incluye entrevistas detalladas a los responsables del niño y a sus profesores además de la entrevista al niño o niña o adolescente en la medida de lo posible, estos últimos deben tener un plan integral de tratamiento individualizado que considere la potencial cronicidad y el impacto del cuadro, lo que puede conllevar tratamientos psicofarmacológicos y/o enfoques terapéuticos conductuales para mejorar las manifestaciones centrales de esta condición y evitar un posible deterioro funcional asociado (Rusca Jordán & Cortez Vergara, 2020).

Existen diferentes tipos de actividades que se pueden desarrollar con el objetivo de ayudar a los niños que sufren de este trastorno, Carreño y Castro (2020), presentan en su trabajo las diferentes experiencias al emplear la musicoterapia como una herramienta que ayude al aprendizaje en niños con TDAH, para lo cual se requiere iniciar con el establecimiento de un vínculo entre el terapeuta y el niño para que se pueda generar la apertura y atención necesaria para alcanzar los fines terapéuticos definidos, siendo la musicoterapia una herramienta que permite a los niños expresar por medio de la música lo que no lo pueden hacer con palabras, alcanzando a liberar todo tipo de conflicto interno, debido a que la música tiene un efecto directo en las emociones, en la personalidad y en el comportamiento del niño, lo que facilita la comprensión de los diferentes estados emocionales que generan conflicto tanto a nivel de aspectos prácticos como teóricos.

El empleo de tecnología genera beneficios tanto a los médicos como a sus pacientes con TDAH, así lo menciona Fernández et al. (2020), en su trabajo, en el cual presentan diferentes tecnologías operativas tanto para el diagnóstico como para el tratamiento

resultando en un gran alternativa para optimizar procesos y resultados en comparación con los procedimientos clásicos, en lo referente a tecnologías asociadas al diagnóstico presentan a DIDE, este proyecto tecnológico tiene la finalidad de detectar de forma temprana problemas de aprendizaje o desarrollo en niños de entre 2 y 18 años de forma no intrusiva, también destacan AULA que es una prueba estandarizada para valorar la atención que posee componentes auditivos y visuales empleados en un entorno 3D.

En el ámbito educativo es cada vez más evidente que el empleo de herramientas tecnológicas aporta con el aprendizaje, más aún cuando en la actualidad este se ha convertido en una preocupación debido a que un alto índice de estudiantes presenta limitaciones para atender y/o aprender (Calleros et al., 2019).

En este sentido la UNESCO (2017) establece que se deben emplear diversas herramientas y estrategias que permitan la inclusión de todos los estudiantes asegurando que cada uno tenga las mismas oportunidades de avanzar en lo referente a la educación, promoviendo el desarrollo de habilidades, capacidades creativas y el razonamiento de los niños.

Es así como se han incorporado en los diferentes niveles educativos las denominadas Tecnologías Emergentes que constituyen herramientas, conceptos, innovaciones y avances todos al servicio de la educación (Prieto et al., 2015), como ejemplo de este tipo de tecnologías se encuentran aplicaciones de realidad aumentada, tecnologías móviles, aprendizaje basado en juegos, la gamificación entre otros.

Los juegos se han constituido como una herramienta de gran utilidad que se emplea para el aprendizaje de conductas y actitudes, las mismas que son necesarias para que un individuo alcance un buen desempeño sociocultural, es así, que se puede llegar a afirmar que jugar constituye una estrategia primordial que permite estimular el desarrollo integral de las personas (Marcano Lárez, 2008).

En la educación las tecnologías al parecer funcionan basadas en la personalización junto con el compromiso personal y emocional, aunque en ocasiones se basan en una dinámica y una velocidad pueden llegar a generar conflicto entre los propósitos y los tiempos de la enseñanza. A pesar de este conflicto, el uso de la tecnología como herramienta para sustituir los métodos antiguos para el tratamiento de los trastornos como el TDAH, debido a que emplea métodos no invasivos en lo que se refiere a la integridad física de los niños (Llisterri, 2020), todos estos métodos asociados a la tecnología se enfocan en promover la creatividad, el mejoramiento del aprendizaje y sobre todo en captar la atención de quienes utilizan la tecnología (Tipán Tinoco & Sánchez Fernández, 2017).

El presente trabajo presenta las etapas de desarrollo de un dispositivo electrónico enfocado a ser una herramienta para niños de etapa escolar que sufran de TDAH, este dispositivo permite entrenar y fortalecer el nivel de atención y concentración mientras se completan los diferentes retos diseñados.

2. Metodología

Para la implementación del juguete tipo rompecabezas, se siguieron varios procesos, los cuales permitieron definir las características y funcionalidades del dispositivo final, estos se detallan a continuación.

Diseño, para esta etapa se realizó la revisión sistemática de la documentación relacionada con las características que deben tener las actividades empleadas para el desarrollo del razonamiento lógico matemático para asociarlas al funcionamiento del dispositivo planteado.

Estrategia de búsqueda, en esta etapa se definieron las características que las actividades a desarrollar en el dispositivo electrónico aporten en el razonamiento lógico matemático se realizó la búsqueda de los artículos empleando bases de datos en línea como "scienceDirect", "scielo" y Google Académico de artículos disponibles.

Criterios de inclusión y exclusión, la revisión sistemática de todo tipo de documentos publicados en las bases de datos científicas tuvo como criterio de inclusión los dispositivos electrónicos empleados como herramienta para ayudar a mejorar la concentración en niños que sufren de TDAH, mientras que el principal criterio de exclusión fue las herramientas que no emplean la tecnología como principal elemento de funcionamiento.

Propuesta, en esta fase sirve para definir los requerimientos del dispositivo, en lo referente los elementos electrónicos a ser empleados parte del análisis del apoyo que un juego puede llegar a aportar para que sea parte de una terapia, tomando en consideración que el trabajo final va a ser empleado por niños por tal motivo debe tener características de ser llamativo para ayudar a mantener la motivación del usuario.

En este sentido, se inicia revisando sobre los tipos de terapias empleadas para el tratamiento del TDAH, las cuales como lo menciona el CDC (Centros para el Control y la Prevención de enfermedades) (2020) incluyen:

- Terapia conductual, lo que incluye la capacitación a los padres
- Medicamentos

De la misma forma, en lo referente a los tipos de terapias lo mencionan Moreno et al. (2015), que el tratamiento a este tipo de trastorno debe basarse tres partes fundamentales, la psicoeducación y el manejo conductual, el apoyo académico y por último el tratamiento a base de medicamentos o farmacológico.

De esta forma, para el presente trabajo se busca el enfoque relacionado a la terapia conductual, debido a que, la segunda forma de tratar el TDAH que es el tratamiento con fármacos está destinado a ser realizado por médicos especialistas.

Dentro de las terapias empleadas están las denominadas psicoterapéuticas, cuyo objetivo es modificar la conducta del niño, dándole la posibilidad de adquirir control de su temperamento, lo que incluye el ayudarlo a mejorar la capacidad de tomar decisiones, teniendo siempre presente que debe pensar antes de actuar, en muchas ocasiones dependiendo del tipo de patología que se esté tratando también se puede reducir la agresividad, mejorar el rendimiento académico y la relación social, entre las terapias más comunes y efectivas se puede mencionar:

El ejercicio físico, como lo mencionan Rivera y Remón (2017), la práctica de actividad físico-deportiva podría producir beneficios en la función cognitiva, en la función ejecutiva, en la coordinación motora, en el rendimiento académico, en el comportamiento y en

las habilidades sociales de los niños con TDAH, pudiendo incluso reducir los síntomas básicos del TDAH a largo plazo.

La Terapia cognitivo conductual, que tiene como objetivo disminuir los pensamientos y emociones negativas, enseñándoles a reconocer sus emociones y las de los demás, para mejorar sus habilidades sociales (Díaz et al., 2020).

El entrenamiento cognitivo para el TDAH, se lo define como el empleo de actividades conductuales de aprendizaje cognitivo o también denominadas socio afectivas, estas son diseñadas de forma específica para ser aplicadas de forma gradual, con el objetivo de promover la habilidad cognitiva, facilitar el aprendizaje y producir cambios en los sistemas neuronales (Bigorra Gualba, 2016).

Entre estas terapias se destaca para el presente proyecto la del Juego Cognitivo-Conductual, donde el juego toma gran importancia ya que este es una actividad que resulta placentera, útil y sobre todo entretenida en especial para los niños, debido a que se puede modificar al juego para ser un evaluador del comportamiento del paciente con TDAH frente a ciertos estímulos.

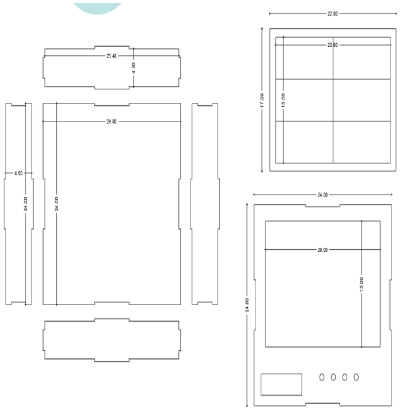
Partiendo de las ventajas que el juego aporta a las terapias y al aprendizaje se han desarrollado los denominados juegos terapéuticos que como lo mencionan Gómez et al. (2010), el juguete terapéutico no es el objeto físico como tal ni tampoco la intencionalidad del terapeuta, este viene a ser el que se relaciona con las atribuciones de sentido del niño a dicho objeto que le permite ser empleado como un instrumento de juego en una relación terapéutica.

En este sentido Espinoza y Flores (2020), en su trabajo enlistan algunos juegos y juguetes que pueden ser empleados en la terapia de juego cognitivo-conductual, cada uno de acuerdo a sus características se los asociada a la terapia, estos son los juegos de mesa como rompecabezas, ajedrez; los juegos de video como eureka; los cuentos; el barco de papel; el globo al aire; la plastilina y el colorear Mándala.

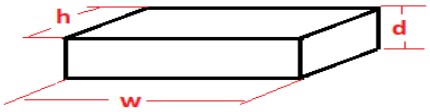
Todos los juegos que llegan a ser considerados como un recurso lúdico permiten enseñar de mejor manera a un menor las matemáticas, letras, y cuestiones de la vida cotidiana, en este sentido, los rompecabezas tienen múltiples beneficios, porque son herramientas que desarrollan la concentración, son ideales para ayudar al niño diagnosticado con trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH), pues este juego fomenta la calma y la decisión.

El rompecabezas resulta significativamente útil, ya que permite desarrollar en un infante el dominio de sí mismo, incrementa la capacidad analítica y de síntesis, incentiva el pensamiento lógico, la observación, la visión espacial, la motricidad y la coordinación, estas características definieron que el dispositivo creado tiene las características de un rompecabezas.

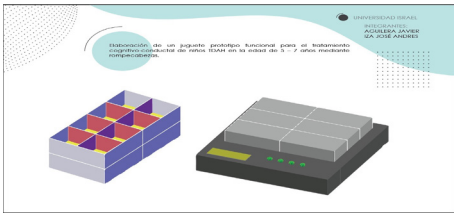
Desarrollo del dispositivo, para el prototipo de juguete estilo rompecabezas desarrollado consta de un tablero principal de dimensiones son de base 24 cm y altura 24 cm como se muestra en la Fig. 1a, en este se incorporan 6 piezas cuyas dimensiones son de base 10 cm altura 5 cm y profundidad de 4.5 cm. (Figura. 1b), estos dos elementos que conforman en rompecabezas se los observa en la Figura.1c, este diseño permite presentar al usuario varias imágenes para armar utilizando una sola estructura física.



Dimensiones tablero principal



Dimensiones pieza del rompecabezas



c) Estructura final

Figura 1 – Estructura física del rompecabezas

Para la elaboración del tablero principal se diseñó una PCB (Printed Circuit Board) la cual contiene la placa Arduino MEGA PRO 2556 que se conecta a una pantalla LCD de 16x2, la cual sirve para mostrar el nombre de la figura que se desea armar, también se dispone de un módulo Bluetooth HC-05, este servirá como dispositivo maestro para la comunicación con las demás piezas del rompecabezas, para la conexión de este módulo se incorporan dos transistores Q1 y Q2 los cuales sirven para energizar y establecer el modo comandos AT del dispositivo (ver Figura 2).

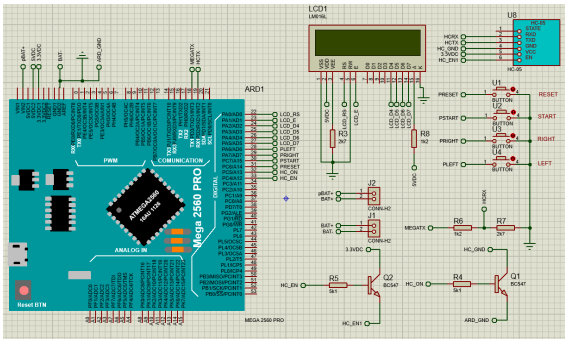


Figura 2 – Estructura física del rompecabezas

Para cada una de las seis piezas que componen el rompecabezas se elaboró de igual forma una PCB (ver Figura. 3), la cual incluye un ARDUINO NANO por medio del cual se realizará el control de los leds del tipo RGB cuya tecnología permite presentar varias

tonalidades de los colores, para recibir los datos enviados por el tablero maestro se emplea un módulo Bluetooth HC-05, para el funcionamiento de cada una de las piezas disponen de una batería recargable.

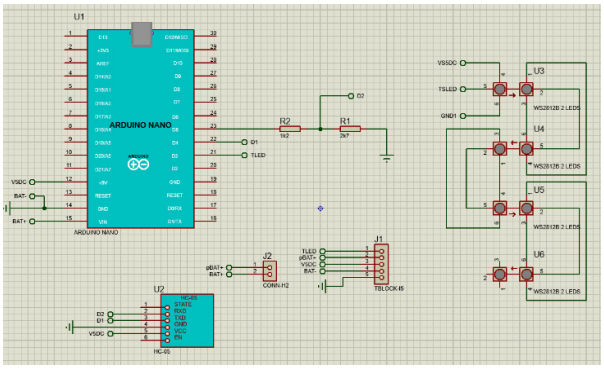


Figura 3 – Diseño de la PCB

En lo referente a la programación del dispositivo, esta se inicia con el menú principal del juguete, el cual presente tres niveles de dificultad del rompecabezas el diagrama de flujo se lo presenta en la Figura 4.

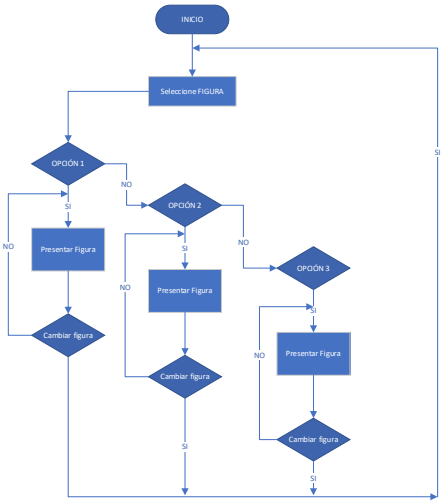


Figura 4 – Diagrama de flujo menú principal

La siguiente parte del programa se basa en el funcionamiento del dispositivo maestro de la red Piconet, este dispositivo al encenderse muestra una caratula de presentación sencilla, luego indica un menú con la figuras que se pueden mostrar para que el usuario seleccione el nivel de dificultad y la figura, luego se envía la información de la figura

seleccionada hacia las piezas, para lo cual mediante la dirección MAC de cada esclavo se establece un enlace simplex, los datos son enviados y el maestro espera hasta que el usuario desee cambia a una nueva figura, el algoritmo descrito se presenta en la Figura 5.

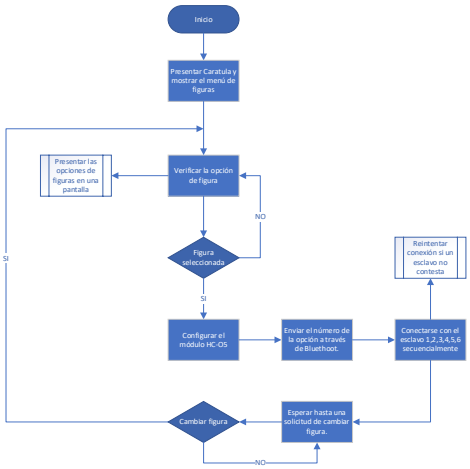


Figura 5 – Diagrama de flujo del programa principal

Ahora se procede con el algoritmo que se empleara con cada dispositivo esclavo, este comienza a en modo de espera hasta establecer la comunicación con el dispositivo maestro, una vez que se da este enlace el microcontrolador verifica si hay datos disponibles en el buffer y los almacena, para empezar a formar la parte del rompecabezas que le corresponde a través de los leds, esta información permanece en cada dispositivo esclavo hasta una nueva solicitud proveniente desde el maestro (ver Figura 6).

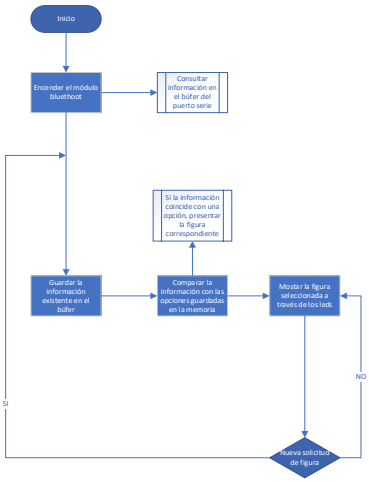


Figura 6 – Logótipo de la 2ª Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información

Las figuras que deberán ser completadas en el rompecabezas de acuerdo con los niveles de dificultad definidos en el dispositivo incluyen patrones de figuras, colores e imágenes simples. Para el juego basado en imágenes simples el niño debe formar la imagen de una figura básica, como un árbol, caras de píxel, entre otros, para de esta forma evaluar su capacidad de resolución ante un problema sencillo, las figuras correspondientes a esta sección se presentan en la Figura 7.

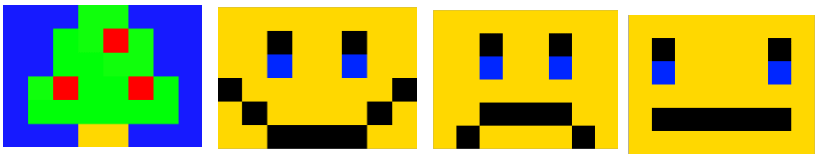


Figura 7 – Figuras nivel básico

El siguiente juego basado en un patrón de colores corresponde al nivel intermedio, Para este juego el niño debe reproducir el mismo patrón de colores del orden preestablecido, los patrones ayudan a mejorar el razonamiento lógico y el acato de directrices. Las figuras que se emplean en este nivel se las presenta en la Figura 8.

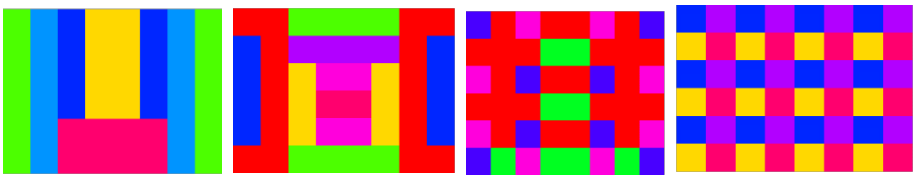


Figura 8 – Figuras nivel intermedio

Por último, está el nivel avanzado, al igual que el patrón de colores, al intentar formar el patrón de figuras se ayuda a mejorar el razonamiento lógico y espacial, ya que el niño debe armar la figura en base a la posición de esta, lo que permite analizar su comportamiento. Las imágenes de las imágenes a presentar en este están en la Figura 9.

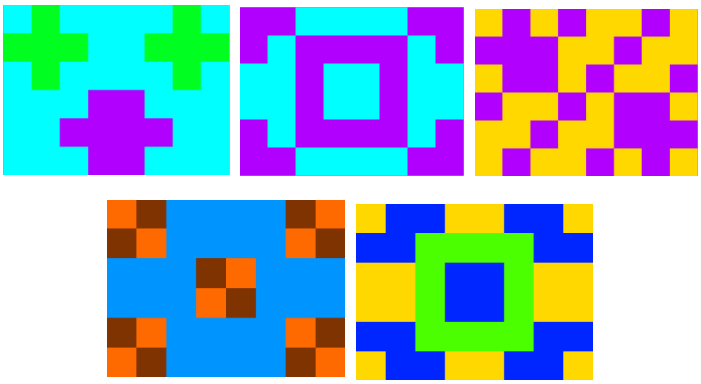


Figura 9 – Figuras nivel avanzado

Una vez definidos todos los parámetros de funcionamiento y los elementos a ser empleados, se procedió con la implementación final del prototipo el cual se lo muestra en la Figura 10.

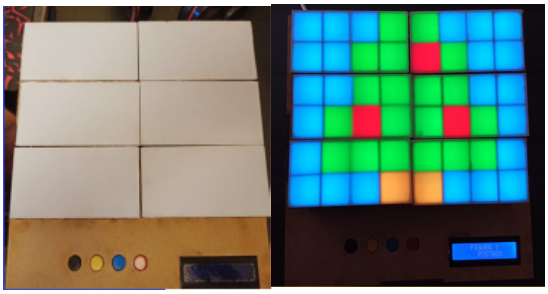


Figura 10 – Dispositivo implementado

3. Resultados

Como primer punto se realizó la evaluación del correcto funcionamiento de todos los componentes del dispositivo se realizan las siguientes pruebas:

Continuidad entre pistas del PCB y componentes electrónicos para evitar cortocircuitos.

Conexión entre los módulos Bluetooth maestro HC-05 y los módulos esclavos HC-05.

Autonomía de la batería de cada una de las piezas del rompecabezas.

Funcionamiento del tablero principal en lo referente al menú de selección de los patrones y figuras.

Verificar que las figuras y patrones que se presentaran son las correctas, comprobando que cada píxel que se presenta en los módulos esclavos forme lo deseado.

Connection between the HC-05 MASTERTDAH master module and the HC-05 SLAVETDAH1, SLAVETDAH2, SLAVETDAH3, SLAVETDAH4, SLAVETDAH5, SLAVETDAH6 slave modules			
Procedimiento	Correcto	Incorrecto	Observaciones
Modulo maestro entra en modo configuración y conexión	X		El módulo accede a modo maestro y configuración mediante el Arduino MEGA a través de transistores para acondicionar voltajes de salida y entrada. El esquema de conexión de estos se muestra en la Figura 31 de este documento.
Modulo maestro se conecta con los esclavos	X		Se verifica que los módulos esclavos consiguen a conectarse (uno por cada conexión) al módulo maestro. A veces los módulos no establecen conexión entre el maestro y el esclavo, por lo que es necesaria una segunda solicitud.

Tabla 1 – Pruebas de funcionamiento módulos inalámbricos

Los resultados de las pruebas mencionadas junto con algunos inconvenientes presentados durante el desarrollo y construcción del prototipo se los presenta en las Tablas 1 a la 5, donde se resumen los procedimientos y resultados, adicional se indica un posible fallo con la solución correspondiente.

Continuidad entre pistas del PCB y componente electrónicos para evitar cortocircuitos			
Procedimiento	Correcto	Incorrecto	Observaciones
Medición entre pistas VCC y GND mediante el empleo del multímetro en función de continuidad	X		Si existe continuidad es posible que, al realizar el baño químico del PCB, este no ha consumido completamente el cobre que no está recubierto, se procede a retirarlo con una cuchilla cuidadosamente
Medición entre pistas de la PCB mediante el empleo del multímetro en función de continuidad	X		Se verifica que no exista continuidad entre pistas, en caso de que exista continuidad entre pistas que no tienen relación se corrige el problema con la técnica del procedimiento anterior.

Tabla 2 – Pruebas de funcionamiento componentes

Autonomía de la batería de cada una de las piezas del rompecabezas			
Procedimiento	Correcto	Incorrecto	Observaciones
La pieza enciende durante 30 minutos.	X		La duración de la batería de 30 min es durante la carga máxima de la misma, si la pieza no encendiera se necesita cargar la batería. La batería debe tener un mínimo de 500 mAh para una autonomía de 30 min

Tabla 3 – Pruebas de funcionamiento de la batería

Figuras y patrones que se muestran son las correctas			
Procedimiento	Correcto	Incorrecto	Observaciones
Los leds encienden según el color y posición establecidos	X		La figura o patrón es la correcta. Si los leds no encendieran se verifica la carga de la batería. Si los leds no coinciden con su color se procede a corregir la programación de la pieza. Si los leds no encienden se procede a inspeccionar que no exista una suelda fría o un cable roto.

Tabla 4 – Pruebas Pruebas de funcionamiento de las figuras

Funcionamiento de la PCB del tablero muestre el menú de selección de los patrones o figuras.			
Procedimiento	Correcto	Incorrecto	Observaciones
Mostrar el menú de 4 figuras o patrones, con el ARDUINO UNO	X		El módulo ARDUINO UNO no tiene las suficientes SALIDAS digitales Y PUERTOS SERIE, para la conexión de una pantalla LCD 16X2 y los elementos del proyecto.
El usuario puede navegar a través del menú.	X		Si la navegación se efectúa, caso contrario comprobar el estado del pulsador y la conexión debe ser la adecuada.

Tabla 5 – Pruebas de funcionamiento del dispositivo

Una vez que se verifico que el dispositivo se encuentre funcionando correctamente en base a las especificaciones definidas se procedió a ponerlo a prueba con un par de niños los resultados se presentan a continuación, adicional cabe mencionar que debido a que las circunstancias actuales de la pandemia no fue posible ponerlo a prueba con más niños.

En la Tabla 6 se presenta los resultados de la observación al poner a prueba el juguete, se observa que este atrae a la niña por que mantiene una alta concentración mientras lo utiliza, menciona que entiende la figura, pero le resulta aún difícil armarla se podría decir que esto se puede dar debido a que a esta edad aun los niños están en proceso de desarrollo del sentido de la posición de un objeto en el espacio.

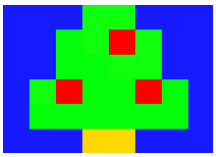
Parámetros	**Datos Obtenidos**
Concentración	Alta
Tiempo de resolución del juego	13 minutos
Figura	
Dificultad de la figura	Fácil
Capacidad de seguir la orden de las piezas	Sigue las ordenes que se le indica para tratar de resolver la figura.

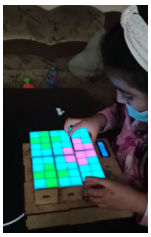
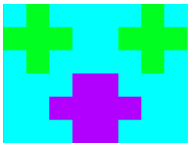
Tabla 6 – Pruebas de funcionamiento del rompecabezas nivel básico

La figura para armar en esta prueba es el de un árbol, este atrajo la atención de la niña por sus colores, se le pregunto si los reconocía y afirmo que, si sabe distinguirlos, por lo que las tiras leds cumplen con su función.

Para el juego de armar una carita feliz, la niña presento problemas en armarla y comenzó a desesperarse al no recibir ayuda, al indicarle como debía armarla mejoro su comportamiento indico que puede reconocer el color amarillo, negro y azul de la misma.

Parámetros	**Datos Obtenidos**
Concentración	Alta
Tiempo de resolución del juego	15 minutos
Figura	
Dificultad de la figura	Intermedio
Capacidad de seguir la orden de las piezas	Le resulto difícil ya que al identificar las piezas estas tenían menos patrones característicos en cada una..

Tabla 7 – Definición de algunos estilos

Parámetros	**Datos Obtenidos**
Concentración	Medio 
Tiempo de resolución del juego	18 minutos
Figura	

Parámetros	Datos Obtenidos
Dificultad de la figura	Avanzado
Capacidad de seguir la orden de las piezas	Tuvo una mayor dificultad en ubicar las piezas para formar correctamente la figura.

Tabla 8 – Pruebas de funcionamiento del rompecabezas nivel intermedio

Para la última prueba se empleó el juego basado en un patrón de figuras, aquí se observó mayor dificultad en completar la tarea que con las figuras anteriores; se evidencio que perdía el interés el juguete por la complejidad a pesar de proporcionarle instrucciones para que lo lograra, con esta simpe observación un experto podría identificar ciertos comportamientos de interés del TDAH para ayudar en su tratamiento

4. Conclusiones

El juguete creado se puede emplear como un instrumento en los tratamientos cognitivos-conductuales a través del juego funciona ya que al presentar figuras, patrones y rostros formados por colores permitirán analizar por parte de un experto el comportamiento de un niño en tratamiento.

Por medio de las figuras, patrones y rostros sencillos presentados por el juguete son de agrupados en niveles que parte desde ser fáciles como mostrar un rostro o un árbol o hasta algo más complejo como patrones de colores, lo cual hace que el experto permita medir el nivel de concentración, tiempo de resolución y capacidad de resolución del niño.

Dada las características que tiene en si el rompecabezas se determinó que el empleo de la tecnología Bluetooth para crear una red Piconet en base a un dispositivo maestro y los dispositivos esclavos permitieron crear un juguete con niveles de dificultad y variedad de figuras para armar.

El juguete se espera ponerlo a prueba después de que se normalice de alguna forma la situación generada por la pandemia, con un grupo mayor de usuarios para obtener más apreciaciones del uso y buscar resultados bajo la supervisión de personal médico especializado en el tratamiento del TDAH.

Referencias

Bigorra Gualba, A. (2016). Entrenamiento cognitivo en memoria de trabajo para niños con TDAH: Ensayo clínico aleatorizado [Universidad Autónoma de Barcelona]. https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2017/hdl_10803_402403/abg1de1.pdf

Calleros, C. B. G., García, J. G., & Rangel, Y. N. (2019). Un juego serio para la solución de problemas matemáticos para niños con TDAH. Campus Virtuales, 8(2), 121-140.

Carreño Manzano, A., & Castro Pazmiño, A. (2020). Musicoterapia como proceso facilitador del aprendizaje en niños con TDAH del centro de estimulación temprana "Armonikos" de Guayaquil. [B.S. thesis, Universidad de Guayaquil-Facultad de Ciencias Psicológicas]. http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/50175/1/SISTEMATIZACI%c3%93N%20DE%20EXPERIENCIA.%20CARRE%c3%91O%20MANZANO%20ANDR%c3%89%20Y%20CASTRO%20PAZMI%c3%91O%20ANG%c3%89LICA%20%282%29.pdf

Centers for Disease Control and Prevention. (2020, septiembre 21). My Child Has Been Diagnosed with ADHD – Now What? [Gubernamental]. Attention-Deficit / Hyperactivity Disorder (ADHD). https://www.cdc.gov/ncbddd/adhd/treatment.html

Díaz, M., Ruíz, M. de los A., & Villalobos, A. (2020). Manual de técnicas y Terapias Cognitivo Conductuales (Vol. 8). UNED.

Espinoza Guzmán, D. P., & Flores Portilla, C. B. (2020). Efectos de la terapia cognitiva conductual con técnicas de Mindfulness en los Síntomas de Ansiedad por separación en Niños del Hogar Infantil Tadeo Torres [Tesis de pregrado]. Universidad del Azuay.

Fernández, M. A., Morillo, M. D., Gilibert, N., Carvalho, C., & Bello, S. (2020). Herramientas tecnológicas del diasgnóstico y tratamiento del transtorno por déficit de atención e hiperactividad. Revista Medicina, 80. http://medicinabuenosaires.com/revistas/vol80-20/s2/67.pdf

Gómez, P. V., Tangarife, D. M. L., Ochoa, D. A. R., Tobón, M. E. B., & Londoño, M. V. (2010). El juguete como sostén de representaciones en la relación terapéutica: Construcciones a partir de la experiencia de psicoterapeutas. CES Psicología, 3(2), 4-17.

Llisterri, J. (2020). Las bases neurofisiológicas de la producción del habla [Education]. Bases neurofisiológicas de la producción del habla. http://liceu.uab.cat/~joaquim/phonetics/fon_produccio/bases_neurofisiologicas_produccion.html

Marcano Lárez, B. E. (2008). Juegos serios y entrenamiento en la sociedad digital. Ediciones Universidad de Salamanca, 9(3), 93-107.

Moreno Fontiveros, M., Martínez Vera, M., Tejada González, A., González Igeño, V., & García Resa, O. (2015). Actualización en el tratamiento del trastorno del déficit de atención con/sin hiperactividad (TDAH) en Atención Primaria. Revista Clínica de Medicina de Familia, 8(3), 231-239.

Prieto, R., Medina, N., Diaz, D., Jahiel, J., & García, C. (2015). Videojuegos serios en educación infantil y primaria. X Congreso Español sobre Metaheurísticas, Algoritmos Evolutivos y Bioinspirados (MAEB 2015).(https://www. researchgate.net/publication/279763785_Videojuegos_Serios_en_Educacion_Infantil_y_Primaria). https://www.researchgate.net/publication/279763785_Videojuegos_Serios_en_Educacion_Infantil_y_Primaria

Rivera, A. L., & Remón, Á. L. C. (2017). Beneficios de la actividad físico-deportiva en niños y niñas con TDAH. EmásF: revista digital de educación física, 44, 63-78.

Rodillo, B. E. (2015). Trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH) en adolescentes. Revista Médica Clínica Las Condes, 26(1), 52-59.

Rusca Jordán, F., & Cortez Vergara, C. (2020). Trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH) en niños y adolescentes. Una revisión clínica. Revista de Neuro-Psiquiatría, 83(3), 148-156. https://doi.org/10.20453/rnp.v83i3.3794

Tipán Tinoco, J. J., & Sánchez Fernández, O. F. (2017). Diseño e implementación de una red WSN, para el control de eventos físicos a traves de señales cerebrales como ayuda a personas con capacidades físicas limitadas. [B.S. thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/7951

UNESCO. (2017). Guía para asegurar la inclusión y la equidad en la educación. UNESCO. https://down21-chile.cl/cont/cont/2017/336_2_guia_para_asegurar_la_inclusion_y_la_equidad_en_la_educacion.pdf

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

Recebido/Submission: 21/07/2022
Aceitação/Acceptance: 15/11/2022

Construcción de un sistema solar isotrópico para lámpara led con monitoreo de estado mediante la Web

Fidel Parra, Maryory Urdaneta, René Cortijo, Diego Llerena[1]

fparra@uisrael.edu.ec; murdaneta@uisrael.edu.ec; recortijo@uisrael.edu.ec; diegollere@gmail.com

[1] Universidad Tecnológica Israel, 170522, Quito, Ecuador.

Pages: 40-51

Resumen: El objetivo de esta investigación fue construir un sistema solar isotrópico para lámpara con diodos emisor de luz (LED) y monitoreo de estado mediante la Web. Se dimensionó el área a iluminar, se establecieron los elementos constitutivos del proyecto, y se construyó la estructura para el posicionamiento isotrópico del panel solar. Luego, se elaboró un medio de comunicación de la lámpara para el monitoreo de sus parámetros. Se determinó que el diseño y construcción fue la adecuada para que el sistema cumpla a cabalidad con su función. Éste sistema fotovoltaico permite aprovechar la energía solar, además de incorporar un módulo de control Arduino modelo esp32, con la que se puede monitorear en tiempo real el estado de la lámpara. Finalmente, esta investigación da solución a un problema de los habitantes de un sector y usuarios de un servicio.

Palabras-clave: Diodo emisor de luz; energía solar; lámpara; monitoreo; sistema solar isotrópico.

Construction of an isotropic solar system for led lamps with status monitoring via the Web

Abstract: The objective of this research was to build an isotropic solar lamp system with light-emitting diodes (LEDs) and condition monitoring via the Web. The area to be illuminated was dimensioned, the constitutive elements of the project were established, and the structure for the isotropic positioning of the solar panel was built. Then, a means of communication of the lamp was elaborated for the monitoring of its parameters. It was determined that the design and construction was adequate for the system to fully fulfill its function. This photovoltaic system makes it possible to take advantage of solar energy, in addition to incorporating an Arduino model esp32 control module, with which the status of the lamp can be monitored in real time. Finally, this research provides a solution to a problem of the inhabitants of a sector and users of a service.

Keywords: Isotropic solar system; lamp; light emitting diode; monitoring; solar energy.

1. Introducción

El presente trabajo tiene por objeto de desarrollar un sistema de iluminación con panel solar isotrópico, para esto fue necesario revisar los aspectos más resaltantes de la generación de energía limpia, debido a la importancia que representa para el planeta desarrollar proyectos dentro del marco de los objetivos de desarrollo sostenible. Así también se hizo una revisión de investigaciones similares para contextualizar el tema, luego se presentan los resultados y las conclusiones pertinentes al objetivo planteado.

La investigación nace amparada en el problema de falta de iluminación en una parada de taxis situado en la calle Diamante entre N87A y Juan Villauri, coordenadas: -0.082554317175299 de latitud sur y una longitud de -78.47551959447725 ya que para el sistema de iluminación utilizan luz amarilla proveniente de la red comercial, lo que trae como consecuencia gasto excesivo de electricidad y poca iluminación, dada esa situación y conociendo las diferentes alternativas para generar energía eléctrica no contaminante, con el fin de poder utilizarla en distintos procesos de la vida diaria, se procedió a realizar esta investigación.

En ese orden de ideas, es oportuno resaltar que la mayor cantidad de energía eléctrica que se produce en el mundo tiene su origen haciendo uso de materiales fósiles o hídricos, lo que trae como consecuencia emisiones de masas de CO2 lo que provoca un daño irreversible en la capa de ozono, afectando de este modo la calidad de vida. (Limas y Rodríguez, 2020).

En ese sentido, Machado (2019) afirma que en el ámbito mundial el 60% emisiones de gases de efecto invernadero lo producen las empresas generadoras de energía eléctrica, mientras que alrededor de 1,5 billones de ciudadanos que carecen de un servicio básico de energía, debido a que existen sectores donde la rentabilidad para las empresas no es la adecuada.

En ese mismo orden de ideas, para cubrir la demanda energética las empresas las empresas han logrado que muchos gobiernos obvien varias normativas, de esta forma han abusado de la generación de contaminación, sin conseguir que los procesos sean sustentables; es decir, que se puedan mantener durante mucho tiempo por si solos sin que se acaben los recursos existentes para ello; sin embargo, este exceso en el consumo y desperdicio de recursos pronto llevará a que estos escaseen o se terminen definitivamente. Por este motivo se han realizado varios estudios para buscar obtener energías limpias que permitan satisfacer los requerimientos existentes en la actualidad.

Es por eso, que se hizo una revisión exhaustiva de diferentes trabajos relacionadas con esta temática entre los que destacan el trabajo de Méndez (2018) denominado "Desarrollo de un sistema de iluminación solar para el ahorro de energía eléctrica en el alumbrado público de México", el cual consistió en un desarrollo para mejorar las prestaciones de un sistema fotovoltaico, basado en un convertidor conmutado buck-boost. El método usado fue un control de deslizamiento para el día y otro para la noche. El método fue validado experimentalmente, lo que arrojó como resultado su adaptabilidad y mejora en las prestaciones, concluyendo que es factible la articulación de la energía verde con el sistema energético interconectado de México. El aporte para la actual investigación consiste en el diseño del convertidor conmutado buck-boost.

De igual forma, Tamayo (2019), establece en su investigación denominada “Diseño de un cargador solar para atender la demanda de carga de dispositivos electrónicos”, con la finalidad de crear un dispositivo fotovoltaico de uso libre para que los estudiantes dentro de las instalaciones de la Universidad Tecnológica del Perú sede Arequipa, puedan disponer de un servicio confiable para cargar celulares. El método utilizado consistió en convertir la energía solar en energía eléctrica, usando paneles solares, para su posterior almacenamiento en baterías. El dispositivo es capaz de suministrar una potencia de 6.89W, capaz de alimentar diariamente la necesidad de 48 teléfonos celulares. Como conclusión demuestran que la energía solar puede ser aprovechada con proyectos de bajo costo, sin utilizar la energía eléctrica convencional, lo que puede contribuir con uno de los objetivos del desarrollo sostenible relacionado a la energía asequible y no contaminante.

Por su lado, Limas y Rodríguez (2020), en una investigación titulada “Implementación de alumbrado público alimentado con energía fotovoltaica en la entrada del municipio de Santa Ana Magdalena Primer kilómetro (1 KM) de la vía Santa Ana – Pueblito”, realizada en Colombia, parten de la situación problémica que afrontan los ciudadanos que habitan centros urbanos rurales como la falta alumbrado público, su objetivo fue suministrar alumbrado público alimentado con energía fotovoltaica. Como conclusión destacan que los costos de implementación de las unidades ensambladas para la iluminación pública son elevados por la dificultad para adquirir los materiales, debido a lo apartado de las grandes ciudades, lo que incrementa considerablemente el costo final. No obstante, también afirman que la implementación de las luminarias LED representan un aporte significativo, ya que en poco tiempo de vida han demostrado los beneficios sobre las lámparas tradicionales en cuanto a consumo, potencia y vida útil.

De esta manera, en atención a las investigaciones previas, se tiene que la implementación de sistemas de iluminación solar para diferentes tipos de proyectos, como hogares, autopistas, parques y canchas, garantiza no solo la conservación del medio ambiente, sino que representa la optimización energética pensada para el futuro.

Es por eso, que la iluminación solar se ha convertido en una alternativa revolucionaria en sistemas de alumbrados dados sus beneficios, tanto para el medio ambiente como para la reducción de costos referentes a su uso. La producción de energía proveniente del sol se considera de carácter limpio y renovable gracias a la radiación electromagnética. Su aprovechamiento se da por medio de placas fotovoltaicas las cuales transforman la radiación solar en energía eléctrica.

Al mismo tiempo Planas (2015), asevera que en el efecto fotovoltaico se emiten electrones cuando la luz incide sobre un material, no obstante, esta emisión va a depender de la frecuencia de la luz y no su intensidad, por tanto, debido a la frecuencia natural de los rayos del sol su eficiencia no supera al 17%, es decir se requieren superficies muy grandes para producir esta energía a gran escala (Hernández y Ramírez, 2015).

Aunque en otro sentido, pese a su poca eficiencia su aplicación va creciendo, por cuanto contribuye con la reducción del calentamiento global y la contaminación, acotando que varios expertos han propuesto su uso para las actividades cotidianas (Morales et al., 2015).

Ahora bien, en el contexto que acontece, como es la necesidad de iluminación en la parada de los taxi-ruta Corazón Josefina, del Barrio Corazón de Jesús reportada por los usuarios, la misma se constituye en un problema por cuanto aumenta la inseguridad. Por tal motivo, surge la necesidad de la implementación de iluminación mediante un sistema solar isotrópico con lámpara LED y monitoreo vía internet. Por lo que, la comunidad podrá contar con un sistema de iluminación autosustentable, lo que garantiza comodidad, seguridad y sostenibilidad.

Un aspecto importante es que esta investigación representa un aporte tecnológico por cuanto se desarrolla según los últimos avances relacionados con la energía limpia aprovechando la incidencia de la luz solar al incluir la variante isotrópica, también social ya que se aplica la tecnología para un servicio a los habitantes de un sector y usuarios de un servicio.

2. Metodología

En este punto se presenta el procedimiento que permitió recolectar la información necesaria que coadyuvó a lograr el objetivo planteado en la actual investigación. Para lo cual se parte de una revisión exhaustiva de trabajos previos relacionados con la finalidad de diseñar un sistema de iluminación autosustentable y fiable tanto a los usuarios finales como a los socios de la compañía. Al mismo tiempo, la investigación, siguió un razonamiento deductivo mediante una secuencia de pasos lógicos partiendo del principio ya conocido de conversión de energía solar a eléctrica mediante paneles de silicio foto emisores de electrones libres. Incluyó un análisis de tipo explicativo para calcular los parámetros y dimensionamientos de los elementos constitutivos del sistema y en base a los resultados tomar decisiones sobre los criterios de diseños más adecuados. Por último, tuvo un alcance de tipo correlacional al establecer mediante una serie de configuraciones y calibraciones el grado de relación entre la cantidad de energía solar captada por las celdas fotoeléctricas y la cantidad de corriente necesaria para producir los niveles de iluminación requeridos en la parada de taxis elegida.

3. Resultados

En esta parte se establecen los resultados de la investigación según sus diferentes fases que incluyen el diseño, modelado y construcción del sistema. Para finalmente, integrarlos para establecer los aportes y conclusiones del mismo.

Como resultado relacionado con el diseño del control y comunicación, se utilizó la tarjeta ESP32, debido a que posee dualidad WiFi/Bluetooth, es de bajo consumo, compatible con múltiples entornos de desarrollo y posee una amplia biblioteca de código abierto, lo que facilita su aplicación en proyectos del internet de las cosas y aplicación Android. La Figura 1 muestra la tarjeta Arduino ESP 32.

Con respecto al nivel de iluminación para exteriores, la Illuminating Engineering Society (IES) (1993) recomienda que los niveles de iluminancia en parqueaderos y áreas peatonales se fijan como en la tabla 1.

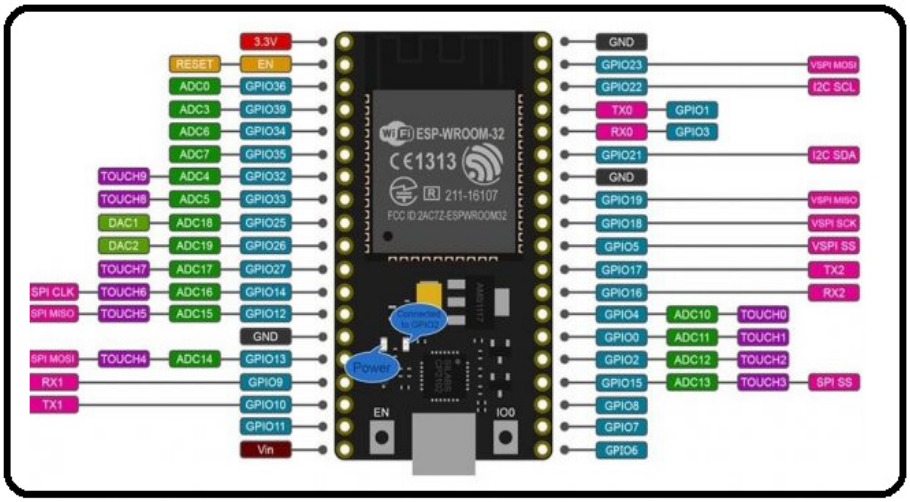


Figura 1 – Esp21. Fuente: Iriarte (2020)

Nivel de actividad	Áreas peatonales y de estacionamiento	
	E (lx)[a]	U[b]
Alto	10	4:1
Medio	6	4:1
Bajo	2	4:1

[a] Valor de iluminancia mínimo sobre el pavimento. [b] Valor de uniformidad de iluminancia medio/mínimo.

Tabla 1 – Nivel de iluminancia horizontal en zonas peatonales y parqueo. Fuente: IES (1993)

Con referencia en la distribución longitudinal de la fuente de luz, se requiere una optimizando obtener la cantidad y calidad adecuadas, por eso la elaboración se debe realizar según los aspectos técnicos recomendados, para poder proporcionar una buena iluminación de la zona en estudio, duradera y con escaso costo de mantenimiento. La distribución de la intensidad de luz se muestra en la Tabla 2.

Debido a los diferentes dispositivos y parámetros referidos al tipo de luz LED para su utilización en proyectos de iluminación, es necesario conocer qué longitudes de onda que emiten y sus diferentes voltajes de trabajo, para poder aplicarse a cada componente del dispositivo según el color de luz particular como se muestra en la Tabla 3.

Distribución de la intensidad luminosa		
Tipo	Componentehacia arriba	Componentehacia abajo
Indirecta	90-100%	0-10%
Semi-indirecta	60-90%	10-40%
General difusa	40-60%	40-60%
Semidirecta	10-40%	60-90%
Directa	0-10%	90-100%

Tabla 2 – Distribución de la intensidad de luz. Fuente: Molina, C., et al (1986)

Color	Longitud de onda [nm]	Potencial [V]
Rojo	610-760	1.7 - 2.1
Anaranjado	590-610	2 - 2.1
Amarillo	570-590	2 - 2.3
Verde	500-570	1.9 - 3.4
Azul	450-500	3.4 - 3.7
Blanco	Todo el espectro	3.8

Tabla 3 – Características de los diodos LED. Fuente: Izquierdo (2015)

En atención a la Tabla 3, en una vía pública la visión puede ser afectado por la luz amarilla de las farolas ubicadas de 8 a 12 m, no obstante, se puede contrarrestar con la ayuda de LED blancos (5000° K), que permiten un descanso visual y niveles de iluminación adecuados, mejorando la visibilidad. Por las razones anteriores, los LED blancos fríos se reconocen como la mejor opción para iluminar la parada de taxis.

Para el sistema de posicionamiento se evaluó el uso de servomotores acoplados a una estructura, como la mejor opción para realizar el sistema que guiará el panel solar, debido a su facilidad y versatilidad de manejo con una tarjeta Arduino ESP 32. Se diseñó el sistema para que el panel solar pueda ubicarse siempre de forma perpendicular y así poder captar la mayor radiación posible en todo momento. La estimación del ángulo óptimo no fue necesario considerarlo ni calcularlo debido a que, al implementar el sistema isotrópico, el panel solar se ajustará sus ángulos con el pasar de las horas y sin importar el lugar donde este se encuentre ubicado. El acople referencial entre el servo motor y el microcontrolador Arduino ESP 32 se pude apreciar en la figura 2.

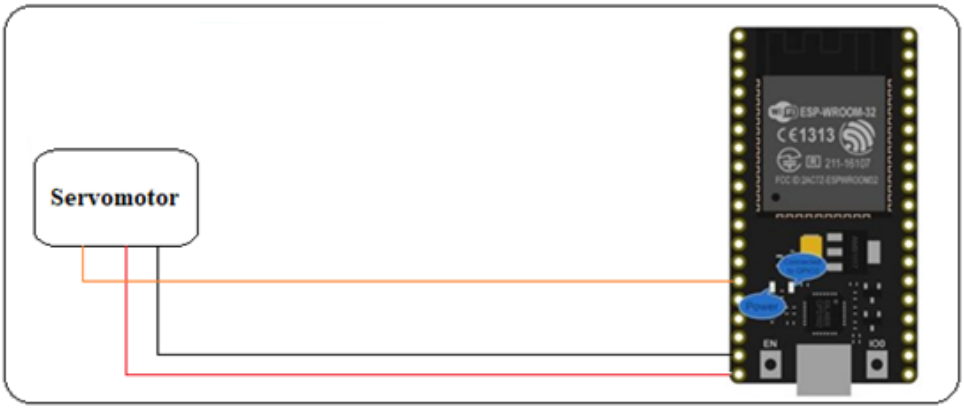


Figura 2 – Interconexión entre el servomotor de posicionamiento y el microcontrolador Arduino ESP 32. Fuente: elaboración propia adaptado de Iriarte (2020)

El sistema de posicionamiento está apoyado de 4 sensores tipo fotoceldas dispuestos estratégicamente en las esquinas del panel solar, los cuales se encargan de estabilizar el panel perpendicularmente al Sol, gracias al programa desarrollado para la tarjeta ESP 32. Este se encarga de recibir las señales emitidas por las fotoceldas, filtradas por un algoritmo y denotar las órdenes a los servos para que se posicionen perpendicularmente al sol y así variar su posición. Para el cálculo de las luminarias se utilizó el programa DIALux y el programa DissenyProducte, en la Figura 3 se muestras los resultados.

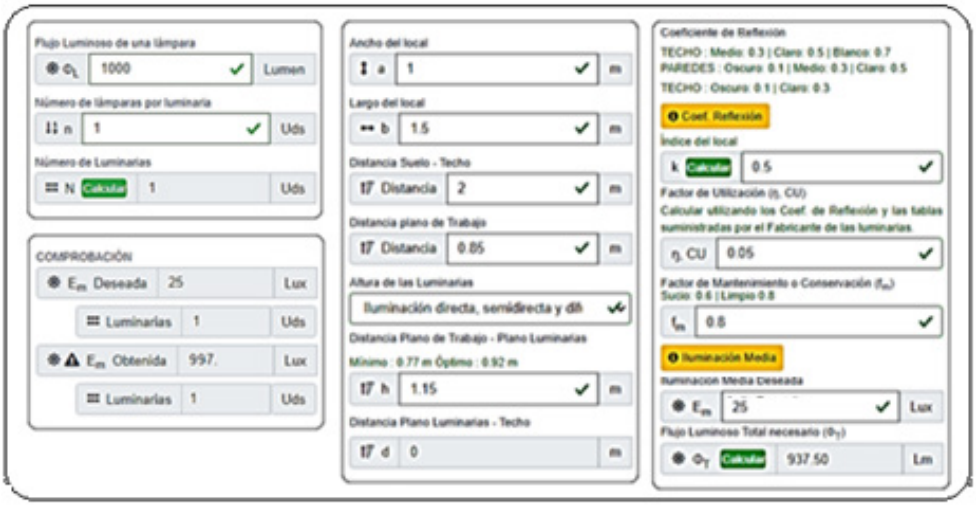


Figura 3 – Cálculo de la cantidad de luminarias y lúmenes necesarios.
Fuente: elaboración propia usando el software DissenyProducte

Con relación al registro de los datos se usó una hoja de cálculo en Excel, la cual se procesará posteriormente mediante la interface creada con el dominio de Firebase y la aplicación diseñada en App Inventor, para tener un acceso de forma más fácil e intuitiva al estado de los sensores y la lámpara. Con ambas herramientas se configuró el monitoreo y registro de datos como en la Figura 4.

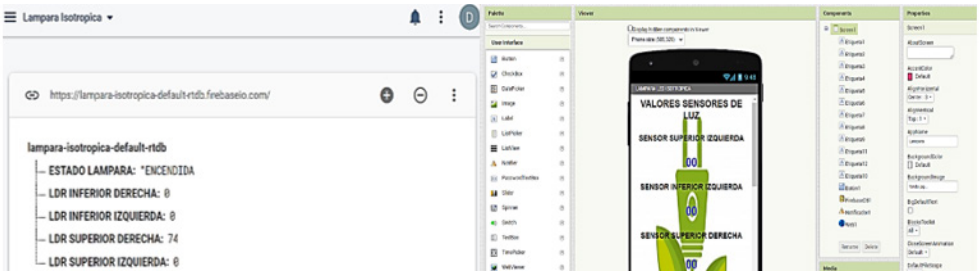


Figura 4 – Diseño de las aplicaciones de control y monitoreo en Firebase y App Inventor. Fuente: elaboración propia usando App Inventor

Cabe destacar, que todos los análisis se realizaron con las mediciones obtenidas y registradas con lo generado por el panel solar. Los valores que proporciona el panel y consume el circuito se registraron con la ayuda de un multímetro digital. Las mediciones se realizaron a diferentes horas, con lo que se buscó obtener la mayor cantidad de valores para conseguir realizar un buen análisis. Los rangos de corriente generada por el panel permitieron obtener unas mediciones constantes y más precisas, tal como puede verse en la Tabla 4.

Corriente	Posición	Corriente	Volt_ref	Corriente	Posición	Corriente	Volt_ref
5,40	0	1,88	8,09	6,75	16	2,20	9,44
5,48	2	1,90	8,18	6,83	17	2,22	9,53
5,56	2	1,92	8,26	6,91	18	2,24	9,61
5,65	3	1,94	8,35	7,00	19	2,25	9,70
5,73	4	1,96	8,43	7,08	20	2,27	9,78
5,82	5	1,98	8,52	7,17	21	2,29	9,86
5,90	6	2,00	8,60	7,25	22	2,31	9,95
5,99	7	2,02	8,68	7,34	23	2,33	10,03
6,07	8	2,04	8,77	7,42	24	2,35	10,12
6,15	9	2,06	8,85	7,50	25	2,37	10,20
6,24	10	2,08	8,94	7,59	26	2,39	10,29
6,32	11	2,10	9,02	7,67	27	2,41	10,37
6,41	12	2,12	9,11	7,76	28	2,43	10,45
6,49	13	2,14	9,19	7,84	29	2,45	10,54
6,58	14	2,16	9,27	7,93	30	2,47	10,62
6,66	15	2,18	9,36	8,01	31	2,49	10,71

Tabla 4 – Tensión y corrientes registradas. Fuente: elaboración propia

En otro orden de ideas, debido a que en el mes de junio históricamente es de mayor consumo, se analiza la potencia generada en ese mes del año 2020, como se observa en la Figura 5.

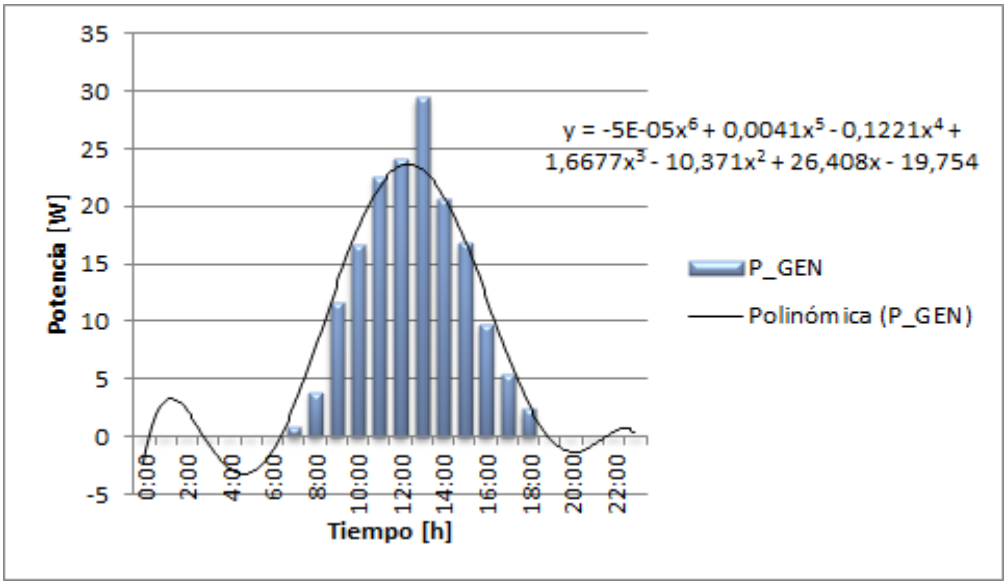


Figura 5 – Potencia generada en junio del 2020. Fuente: elaboración propia

En la Figura 5 se observa una típica curva de sexto grado, modelada matemáticamente con la siguiente expresión:

$$E(t) = -0{,}00005t^6 + 0{,}0041t^5 - 0{,}1221t^4 + 1{,}6677t^3 - 10{,}371t^2 + 26{,}408t - 19{,}754$$

Aplicando la curva de potencia para el cálculo de la energía por día se obtiene:

$$\boldsymbol{E(t) = \int_{\infty} P(t)dt}$$

$$E(t) = \int(-0{,}00005t^6 + 0{,}0041t^5 - 0{,}1221t^4 + 1{,}6677t^3 - 10{,}371t^2 + 26{,}408t - 19{,}754)dt$$

$$\boldsymbol{E(t) = 265.76\ [Wh/día]}$$

4. Análisis y Discusión de Resultados

Para valorar los resultados de eficiencia y ahorro energético se consideró el mes de mínima radiación como el mes de octubre, en la Tabla 5 se registraron datos de generación de energía.

Estimación de la Producción en dólares	
Precio del kWh:	**0,09**
Generación [W/d]	**455.55**
Generación diaria: [kWh/d]	**0,45555**
Ingreso diario: [$]	**3,425**
Ingreso anual: [$]	**41,1**

Tabla 5 – Consumo de energía de la red eléctrica comercial 2020. Fuente: elaboración propia

En la Tabla 6 se detalla la inversión para la elaboración de la lámpara, incluyendo en soporte y accesorios el costo del sistema isotrópico.

Materiales	Precio $
Panel Solar	8,00
Controlador	7,00
Bateria	5,00
Luminarias	10,00
Cable, y accesorios	5,00
Soporte y accesorios	50,00
Subtotal	85,00
Mantenimiento anual 5%	8,50
Montaje	27,00
Costo total del diseño	120,50

Tabla 6 – Costo total del proyecto. Fuente: elaboración propia

En la Tabla 5 se muestra que el consumo promedio anual por iluminación en la parada del taxi es de 41,1 dólares, en la Tabla 6 se muestra que el costo de elaboración de la lámpara es de 120,5, por lo que se evidencia que en tres años se recupera la inversión, y después de eso genera ahorros continuos ya que el mantenimiento es mínimo. Los resultados demuestran además la viabilidad del proyecto, considerando además que la paneta se beneficiará si este tipo de proyecto sigue en aumento, por cuanto contrarresta el calentamiento global, por ser esta una energía limpia.

4. Conclusiones

Una vez finalizado el trabajo se concluye que la construcción del sistema solar isotrópico para lámpara LED con monitoreo de estado mediante la Web, permite un ahorro de

energía, y se convierte en un claro ejemplo de la utilización de energía limpia a favor de una comunidad.

Así mismo, se concluye que el proyecto es factible, debido a que el avance de la tecnología brinda la oportunidad de encontrar los elementos de varias marcas y modelos, de tal forma que facilita la selección de los más adecuados con base en la necesidad y el dimensionamiento, sin inconveniente y a precios cómodos.

Con respecto al sistema de comunicación, se concluye que debido a su libre acceso y disponibilidad el indicado para este tipo de proyectos es Firebase. Así también, el proyecto cumplió con el objetivo propuesto, facilitando su uso al poder vincular el proyecto con una aplicación celular que se encargó de monitorear el estado de la lámpara, así como la generación de la base de datos.

Referencias

Hernández, N. y Ramírez, X. (2015). Estudio Sobre la Sustitución por Energías Renovables (Solar Fotovoltaica) en las Instituciones Educativas de Básica Primaria y Secundaria en Colombia: Análisis y Posibilidades. [Trabajo de grado, Universidad Santo Tomas]. Repositorio Institucional Universidad Santo Tomas. https://repository.usta.edu.co/handle/11634/1071

IES, (1993). IES Lighting Handbook, Rea, Mark S. (Ed.), Illuminating Engineering Society of North America, New York.

Iriarte, I., (18 de febrero de 2020). ESP32: despertar con pin táctil. Prometec. https://www.prometec.net/blog-curso-esp32-pin-tactil/

Izquierdo, L. (21 de febrero de 2015). El LED es él y sus... resistencias. Izantech. http://blog.izantech.com/2015/02/

Limas, D. y Rodríguez, J. (2020). Implementación de alumbrado público alimentado con energía fotovoltaica en la entrada del municipio de Santa Ana Magdalena Primer kilómetro (1 KM) de la vía Santa Ana – Pueblito. [Proyecto de Grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio Institucional Universidad Cooperativa de Colombia. https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/33155

Machado, J. (2019). Diseño de un sistema eléctrico para carga de baterías de celulares usando un panel fotovoltaico. [Trabajo de grado, Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín]. Repositorio Institucional Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín. https://repositorio.itm.edu.co/handle/20.500.12622/2052

Méndez, J. (2018). Desarrollo de un sistema de iluminación solar para el ahorro de energía eléctrica en el alumbrado público de México. [Doctoral dissertation, Universitat Rovira i Virgili]. Departament d'Enginyeria Electrònica, Elèctrica i Automàtica [124]. https://www.tdx.cat/handle/10803/667293

Molina, C., Mantilla, G., Niño, A., Losada, C., Motivar, Á., y Sánchez, D. (1987). Instalaciones Eléctricas. Principios de Iluminación. https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/1859

Morales, H., Morales, N., Palacios, M., y Rosas, E. (2015). Propuesta de diseño de alumbrado público alimentado con energía solar y con estación de carga. [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma De México]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Autónoma De México. http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/8394/Tesis.pdf?sequence=1.

Planas, O. (16 de diciembre de 2015). Historia de la energía solar. Energía Solar. https://solar-energia.net/que-es-energia-solar/historia

Tamayo, A. (2019). Diseño de un cargador solar para atender la demanda de carga eléctrica de dispositivos móviles en la Universidad Tecnológica del Perú–Filial Arequipa. [Tesis de grado, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio Institucional Universidad Tecnológica del Perú. https://hdl.handle.net/20.500.12867/2295

Rocha, Á. (2012). Framework for a Global Quality Evaluation of a Website. *Online Information Review, 36*(3), 374-382. https://doi.org/10.1108/14684521211241404

Rocha, Á. (2012). Framework for a Global Quality Evaluation of a Website. *Online Information Review, 36*(3), 374-382. https://www.abc.com

Antunes, A. A. (2004). Sistemas XYZ. In Sousa A. J. (Ed.), *Tecnologias Internet*. Editora Xxxpto.

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

Recebido/Submission: 06/07/2022
Aceitação/Acceptance: 05/11/2022

Módulo asistencial para medir signos vitales de una persona mediante Internet de las Cosas

Jhoana Villacís[1], Flavio Morales[1], Emanuel González[1], Rosario Coral[1]

jhoana_vp@hotmail.com; fmorales@uisrael.edu.ec; eegonzalez@uisrael.edu.ec; rcoral@uisrael.edu.ec

[1] Universidad Tecnológica Israel, Quito, Ecuador

Pages: 52-66

Resumen: La presente investigación muestra la implementación de un módulo asistencial para medir los signos vitales de una persona desde su hogar mediante la utilización del Internet de las Cosas (IoT), convirtiéndose en una alternativa de costo accesible viable para el desarrollo del sistema de salud a través de la telemetría. El módulo transmite datos mediante el protocolo de comunicación *Wireless Fidelity* (WiFi) a un servidor IoT que permite la actualización continua de datos, el intercambio de información con los sensores de temperatura corporal y el grado de saturación de oxígeno de la sangre a través de un bus de comunicaciones en serie (I2C) y la visualización de datos en la pantalla de transistor de película delgada (TFT) mediante comunicación serial. El módulo muestra mediciones de temperatura corporal y nivel de oxígeno en la sangre, contribuyendo al desarrollo de tecnología aplicada a la salud en el Ecuador.

Palabras-clave: Módulo, IoT, Temperatura, Telemedicina, Telemetría.

Assistance Module to Measure a Person's Vital Signs Using the Internet of Things

Abstract: The abstract should not exceed 150 words. You can use this document as the basis for final editing of the article to submit. The font used in the abstract is "Georgia" size 9 and single-spaced, with indentation to the left and right of 1cm. This research shows the implementation of an assistance module to measure the vital signs of a person from home through the use of the Internet of Things (IoT), becoming a viable affordable alternative for the development of the health system through telemetry. The module transmits data via Wireless Fidelity (WiFi) communication protocol to an IoT server that enables continuous data update, information exchange with body temperature and blood oxygen saturation degree sensors through a serial communication bus (I2C) and data display on the thin film transistor (TFT) screen via serial communication. The module displays body temperature and blood oxygen level measurements, contributing to the development of applied health technology in Ecuador.

Keywords: Module, IoT, Temperature, Telemedicine, Telemetry.

1. Introducción

La comunicación entre el doctor y el paciente se vuelve cada día más importante y necesaria, especialmente para aquellas personas que requieren un control periódico de sus signos vitales, como es el caso de personas con diabetes, con problemas cardiovasculares, para monitoreo postoperatorio, entre otros. A esto se suman las complicaciones de poco personal médico, costos elevados de movilización del paciente o del médico y en determinados casos la dificultad de un contacto físico con el paciente debido a una enfermedad altamente contagiosa. Es así que se requiere mejorar la atención y comunicación entre el doctor y el paciente a través de la telemedicina (Torres et al., 2015).

En la actualidad la utilización de dispositivos médicos en el hogar es más frecuente, una variedad es portátil lo que permite que los pacientes vivan vidas activas fuera de un centro hospitalario; sin embargo, el uso de estos dispositivos no puede ser tan sencillo debido al lenguaje usado en las instrucciones ya que suele ser demasiado técnico. Se pretende a diario fabricar dispositivos médicos que permitan realizar diagnósticos tempranos y tratamientos eficaces con accesibilidad a la población. La telemedicina ha provocado un impacto grande en la sociedad, las personas que requieren un monitoreo constante de su salud en sus hogares, no disponen de módulos asistenciales (*healthcare module*) que permitan medir los signos vitales como temperatura, ritmo cardiaco y el grado de saturación de oxígeno en la sangre para ser transmitidos en tiempo real hacia el médico; además, los sistemas de monitoreo remoto actuales son de alto costo y los hospitales o clínicas no están en la capacidad de adquirir e implementar estos servicios.

La aparición de nuevas enfermedades ha ocasionado que los ciudadanos quieran ser atendidos de sus dolencias de forma inmediata, esto se suma a la ineficiencia del sistema de salud, generando la necesidad de tener un sistema de telemedicina para brindar atención a los ciudadanos (Muriel et al., 2019). Los módulos actuales de telemetría que sirven para que los pacientes envíen sus signos vitales hacia los hospitales son ampliamente utilizados en países desarrollados por su alto costo de adquisición, requieren de personal capacitado y la mayoría usa un *software* que no es de libre acceso (Vallejo, 2015). Por lo expuesto, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo: Implementar un módulo asistencial para el monitoreo de signos vitales de una persona desde su hogar, utilizando dispositivos de IoT, contribuyendo a la solución de los problemas de atención médica, obteniendo las mediciones de temperatura corporal y nivel de oxígeno en la sangre desde el hogar o en circunstancias extremas antes de que la persona llegue al hospital, contribuyendo al desarrollo de la tecnología aplicada a la salud en el Ecuador.

El presente documento se encuentra organizado de la siguiente manera: En la primera sección se describe una breve introducción sobre el proyecto. La segunda corresponde a la metodología empleada. Posteriormente se muestra el diseño e implementación del módulo. Finalmente, las conclusiones del proyecto.

2. Metodología

A continuación, se presenta un análisis de diferentes proyectos desarrollados en los últimos años sobre temas relacionados con telemedicina, protocolos IoT y monitoreo en tiempo real de signos vitales de un paciente:

Peralta y Toala (2015) en su trabajo "Módulo cliente de captura de datos clínicos para aplicaciones de telemedicina" basaron su investigación en la forma para obtener datos mediante herramientas tecnológicas de bajo costo. La adquisición de datos se realizaba a través de la configuración de los dispositivos remotos, para la administración gráfica vía web se configuró una central telefónica voz sobre protocolo de internet (VoIP). Mediante la conexión de la base de datos de la interfaz de usuario se establecía la conexión del sistema de telemedicina, estos datos serán procesados por médicos para un posterior análisis.

El trabajo de titulación "Diseño y construcción de un sistema móvil mecatrónico para la telemedicina" permite la adquisición y visualización de los signos vitales en tiempo real. Almacena y envía datos del paciente mediante una tarjeta de adquisición DAQ, estos datos son procesados detalladamente a través de un *software* de monitoreo. *TeamViewer* facilita la visualización remota, utilizado en la presentación de señales adquiridas que posteriormente el personal médico utilizará en sus servicios a distancia. Además, presenta una aplicación que se puede utilizar en cualquier teléfono inteligente permitiendo la movilidad del sistema, quedando como base para posteriores investigaciones en el área de la telemedicina (Enríquez, 2018).

Pérez y Vargas (2017) en su investigación "Desarrollo de un robot social en el área de la telemedicina para el monitoreo remoto y diagnóstico de enfermedades cardiovasculares en el adulto mayor" tratan el uso de métodos electrónicos innovadores mediante el análisis de pacientes con problemas cardiovasculares que serán registrados en una base de datos. Los materiales utilizados en el proyecto fueron, un sensor de temperatura corporal, un sensor de pulso cardiaco, una tarjeta arduino y la plataforma *LabVIEW*. El estudio fue realizado en el hospital docente de Riobamba con pacientes de un médico especialista. Los valores adquiridos fueron comparados con la aplicación desarrollada y un electrocardiograma.

El trabajo "Diseño y despliegue de una plataforma integral de telemedicina en una nube privada basada en *OpenStack*" consiste en una plataforma que emplea una nube privada dirigida a la odontología, contiene una base de datos (MySQL) que almacena información de los médicos y pacientes que proviene de un servidor web. El médico gestionará historiales clínicos y a su vez el paciente visualizará la información médica, por ejemplo, diagnóstico, tratamientos y recetas que almacenan en la base de datos. Además, contiene un *WebRTC* para la comunicación mediante video llamada (Llivicura & Ulloa, 2018).

González (2018) en su tesis "Desarrollo de IoT, como solución para el tratamiento de enfermedades de manera remota" hace uso de tecnologías innovadoras en servicios de salud a bajo costo con la finalidad de mejorar la calidad de vida del usuario. Además, brinda la posibilidad de que los pacientes que no pueden acceder a una atención hospitalaria por condiciones económicas o geográficas reciban una atención especializada de forma remota. Las personas que necesitan asistencia y control constante se beneficiarán del proyecto de investigación y a su vez se convierte en una herramienta de evolución a nivel industrial especialmente en el sector de salud, que es uno de los menos desarrollados.

Esta investigación fue desarrollada siguiendo los lineamientos del método hipotético deductivo, la primera etapa consiste en la recopilación de fundamentos teóricos y una revisión del estado del arte, en la segunda se reúne conceptos matemáticos, electrónicos

y mecánicos para realizar el diseño e implementación de un módulo asistencial para medir los signos viales de una persona desde su hogar mediante la utilización de dispositivos IoT.

3. Desarrollo

El módulo asistencial implementado en este proyecto, denominado JV1.0, es una alternativa eficaz, a un costo accesible, que evita el desplazamiento del médico o del paciente, además permite medir los signos vitales de una persona desde su hogar mediante la utilización de dispositivos de IoT. Este dispositivo consta de un microcontrolador que es el cerebro del dispositivo que utiliza tecnología basada en Arduino con una plataforma de IoT que registra los datos del paciente en tiempo real y a su vez el médico accede a esta información desde Internet. Se encuentra provisto de sensores de alta gama que captan la temperatura corporal y el grado de saturación de oxígeno en la sangre de una persona. La visualización de los datos se realiza mediante una pantalla *Touch* TFT. El flujo de datos que incorpora el dispositivo se hace, por un lado, desde la parte de muestreo de señales de los sensores hasta la etapa de visualización. Por otro lado, se envían los datos hacia la plataforma IoT donde se almacenan y representan gráficamente. La carcasa del dispositivo se desarrolló mediante modelado e impresión 3D con un filamento PLA (ácido poliláctico) para la carcasa con el fin de evitar la emisión de sustancias tóxicas. Además, este material es reciclable y está disponible en el país. La fuente de alimentación posee una entrada de 100-240 V a 50/60 Hz y 150 mA con una salida de 6 V y 500 mA.

La idea general de este dispositivo es que sea capaz de medir la temperatura corporal y el grado de saturación de oxígeno en la sangre de un paciente sin la necesidad de movilizarse a un centro de salud. Estos datos son cargados automáticamente a una página de internet en tiempo real para que un médico pueda interpretar los datos y tomar las respectivas decisiones para cada caso. Así, este equipo será parte del primer triaje para los pacientes en donde existirá mayor participación por parte de estos involucrándolos a través de la telemedicina de forma fácil y práctica. En la Figura 1 se muestran las etapas consideradas en el proceso de diseño e implementación del dispositivo JV1.0.

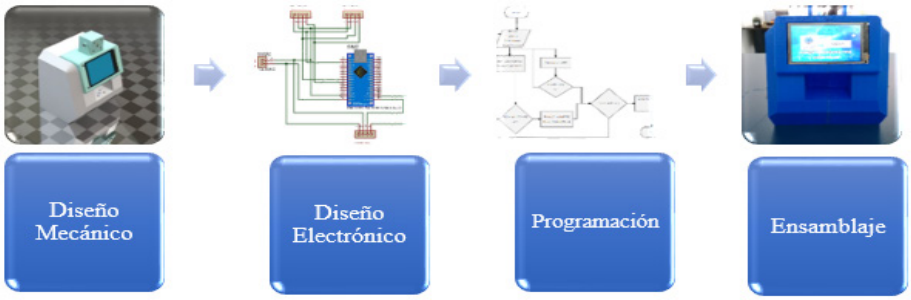


Figura 1 – *Etapas de diseño del módulo JV 1.0.*
Fuente: Elaboración propia

3.1. Diseño mecánico

Se utilizó un software de diseño asistido por computadora (CAD) para generar la propuesta de la Figura 2. Este diseño tiene dimensiones de 11x14x15 centímetros y un espesor de pared de 2 mm. La cámara infrarroja es alojada en una mini carcasa individual y puede ser calibrada acorde a la altura del usuario. En la cavidad frontal se encuentra un espacio hueco para la pantalla TFT. El oxímetro tiene un espacio en la parte central del medidor.

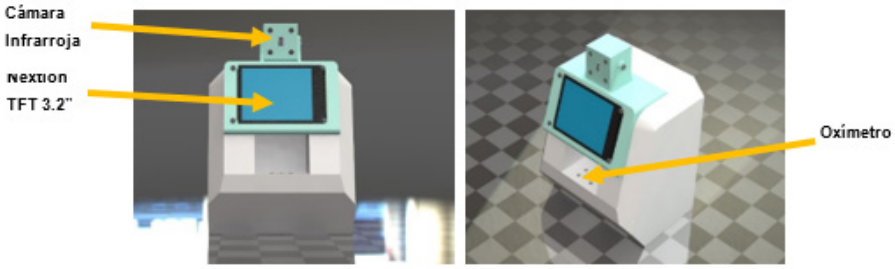


Figura 2 – *Diseño mecánico del JV1.0.*
Fuente: Elaboración propia

El proceso de impresión 3D consistió en la superposición de capas de manera sucesiva. Debido a las limitaciones del área de trabajo de la impresora utilizada para el prototipado de la carcasa, el proceso de impresión se dividió en dos partes. Una vez finalizada la impresión de todos los componentes de la carcasa se procedió al ensamblaje y unión de las partes mediante un proceso de fundido manual.

3.2. Diseño Electrónico

El equipo JV1.0 consta de un microcontrolador el cual se encarga de procesar la información recibida de la cámara infrarroja y del oxímetro. Además, se comunica a través de una conexión WiFi con un *dashboard* desarrollado en una plataforma de IoT con el fin de visualizar la temperatura y la concentración de oxígeno en la sangre. Adicionalmente, el módulo JV 1.0 cuenta con una interfaz de usuario compuesta por una pantalla *Touch* TFT en donde se pueden visualizar los datos adquiridos por los sensores. En la Figura 3 se puede observar el diagrama de bloques del sistema electrónico que representa los distintos tipos de comunicación.

Como controlador se utilizó un dispositivo Arduino Nano 33 IoT dado su alto rendimiento y capacidad para conectarse directamente a una red WiFi sin la necesidad de utilizar módulos externos. Dispone de 14 entradas/salidas digitales lo cual significa que se puede conectar a varios sensores o actuadores; módulo de comunicación I2C, SPI, RS232 y otras características favorables para el desarrollo de este proyecto. El intercambio de información con los sensores AMG8833 y MAX30102 se realiza a través del protocolo de comunicación I2C mientras que el microcontrolador se comunica con la pantalla TFT mediante el protocolo serial RS232. Las variables de visualización del

dashboard son actualizadas constantemente gracias al protocolo de comunicación WiFi del microcontrolador. En la Figura 4 se puede observar el circuito electrónico para el controlador, diseñado en el software Proteus.

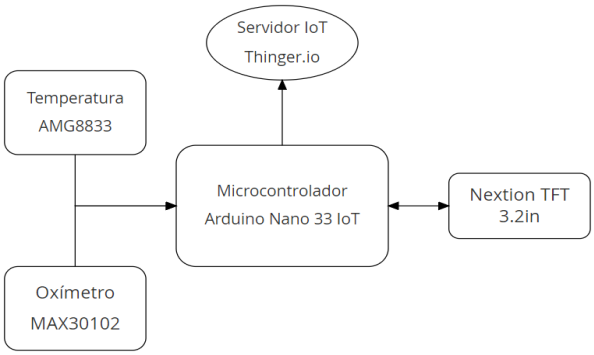


Figura 3 – *Diagrama de bloques del JV1.0.*
Fuente: Elaboración propia

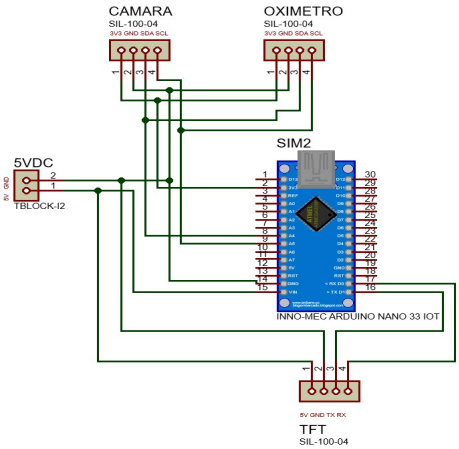


Figura 4 – *Esquema electrónico del controlador para el módulo JV1.0.*
Fuente: Elaboración propia

3.3. Programación

El funcionamiento de todo el sistema se puede dividir en dos partes importantes: el muestreo de los sensores de temperatura y oxímetro y la transmisión de los datos recibidos hacia la interfaz de usuario y al servidor IoT, thinger.io. El proceso inicia con la creación de dos variables para almacenar los valores de la temperatura y la concentración de oxígeno en la sangre del usuario, se agrega el nombre y la clave de red para que el microcontrolador pueda acceder al internet bajo el protocolo de comunicación WiFi. Una

vez establecida la comunicación WiFi se crea una conexión maestro-esclavo mediante el protocolo de comunicación I2C entre el Arduino Nano 33 IoT con los sensores AMG8833 y MAX30102 para adquirir los datos en intervalos de tiempo de 2 segundos. La información enviada al servidor IoT es actualizada cada 2.5 segundos.

3.4. Ensamblaje Final

En la Figura 5 se muestra el ensamblaje final del medidor de temperatura y concentración de oxígeno en la sangre con IoT. La instalación de la fuente de alimentación permite convertir una corriente alterna CA en una o varias corrientes continuas CC con la finalidad de alimentar a los diferentes componentes electrónicos. Tiene una entrada de 100-240 V a 50/60 Hz a 150 mA CA y una salida de 6V 500 mA. CC. Está ubicada en la parte inferior del módulo.

Figura 5 – *Ensamblaje final del JV1.0.*
Fuente: Elaboración propia

3.5. Aspectos técnicos del equipo

JV1.0 es un módulo asistencial (*Healthecare Module*) diseñado para la comunicación directa entre el médico y el paciente especialmente para aquellas personas que requieren un control periódico de sus signos vitales. Tiene la capacidad de tomar la temperatura corporal y el grado de saturación de oxígeno de la sangre humana. Estos datos son transmitidos mediante comunicación WiFi hacia un servidor IoT que registra los datos y permite el acceso de esta información al médico quien determinará si requiere algún tipo de atención. En la Tabla 1 se pueden observar todos los aspectos técnicos del funcionamiento del módulo JV1.0, incluyendo el tipo de sensor y oxímetro utilizados.

Especificaciones	Termómetro	Oxímetro
Modelo	AMG8833	MAX30102
Tipo	Sensor Infrarrojo con tecnología MEMS	Oxímetro de pulso y sensor de frecuencia cardiaca

Especificaciones	Termómetro	Oxímetro
Rango de temperatura de funcionamiento	-20°C a +10°C / –4 °F+212 °F	
Rango de medición de temperatura corporal	20°C a 60°C	
Rango de medición de temperatura	Alta 0°C a 80°C / +32°F +176°F	
	Baja –20°C a 100°C / –4 °F a +212 °F	
Distancia de medición	5 – 10 cm	Contacto directo con la piel.
Rango de medición de SpO2	-	70 – 99 % (± 1%)
Fuente de alimentación	Entrada:100-240 V / 150 mA CA Salida: 6 V / 500 mA. CC	
Frecuencia	50/60 Hz	
Humedad de funcionamiento	15 % a 85 % R.H.	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1 – *Aspectos técnicos del módulo JV1.0.*

4. Resultados

Se puede usar este documento para la base de la edición final del artículo que se va a enviar. Previo al desarrollo del protocolo de pruebas se estableció una conexión con una red WiFi necesaria para comunicar al módulo JV1.0 con la plataforma thinger.io.

4.1. Red WiFi

La red WiFi se generó en un teléfono celular mediante la opción de conexión compartida. En la Figura 6 se muestra la red creada, la contraseña y el dispositivo JV 1.0 conectado.

Mientras el dispositivo está conectado se puede visualizar el nombre, la dirección IP y MAC del dispositivo. Además, muestra el tiempo y la duración de la conectividad del mismo. En la Figura 7 se muestran las características del dispositivo conectado.

4.2 Thinger.io

La plataforma IoT thinger.io permitió el desarrollo de un *dashboard* para visualizar los valores de temperatura y oxígeno en la sangre enviados por el microcontrolador Arduino Nano 33 IoT. Si bien esta página es gratuita tiene varias limitaciones en su funcionamiento, ya que no permite generar historiales de las variables enviadas desde el microcontrolador, pero para este proyecto resulta muy accesible tanto a nivel económico como en funcionalidad. En la Figura 8 se muestra la cuenta creada en la plataforma.

Figura 6 – *Conectividad con el módulo JV1.0.*
Fuente: Elaboración propia

Figura 7 – *Parámetros DHC del módulo JV1.0*
Fuente: Elaboración propia

En el panel de control de thinger.io se agregaron los dispositivos de conexión como el arduino nano 33 IoT y la pantalla *Touch* TFT lo que permitió visualizar de manera gráfica el estado de la cuenta creada y la localización de los dispositivos conectados. El *dashboard* desarrollado cuenta con un botón de conexión el cual sirve para confirmar si el sistema de medición se encuentra en línea, un *widget* en forma de tacómetro para

visualizar la variable de oxígeno y por último un *widget* tipo *slider* para visualizar la temperatura. En la Figura 9 se muestra el *dashboard* IoT del sistema creado.

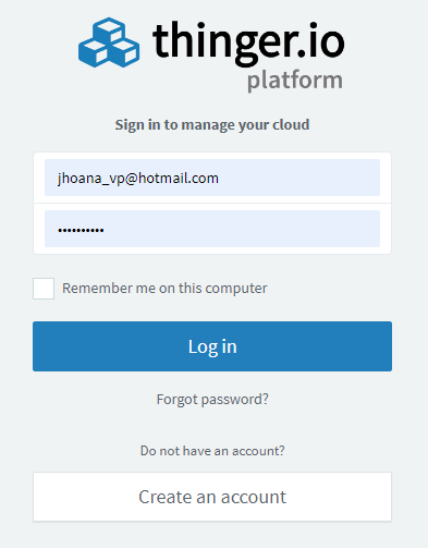


Figura 8 – *Cuenta en la plataforma thinger.io.*
Fuente: Elaboración propia

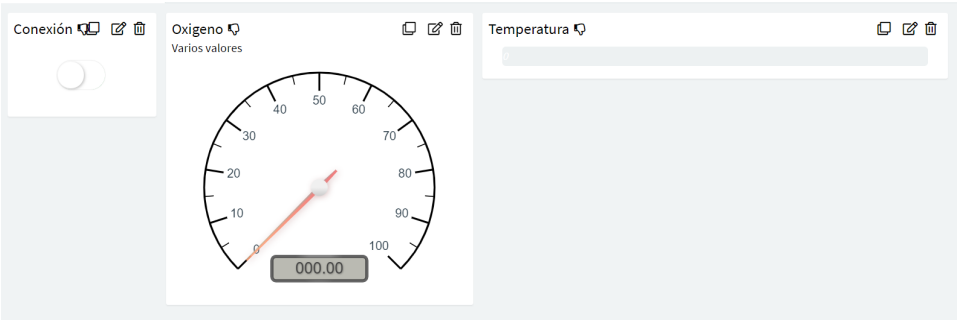


Figura 9 – *Dashboard IoT del sistema.*
Fuente: Elaboración propia

Para verificar la conexión del dispositivo la plataforma Thinger.io envía un *ping* cuando el dispositivo está encendido y se verifica el envío de esta señal mediante la gráfica *Live Transmission*. En la Figura 10 se pueden observar algunas pestañas como, por ejemplo, la interfaz de programación de aplicaciones (API) que al seleccionar muestra los dispositivos creados.

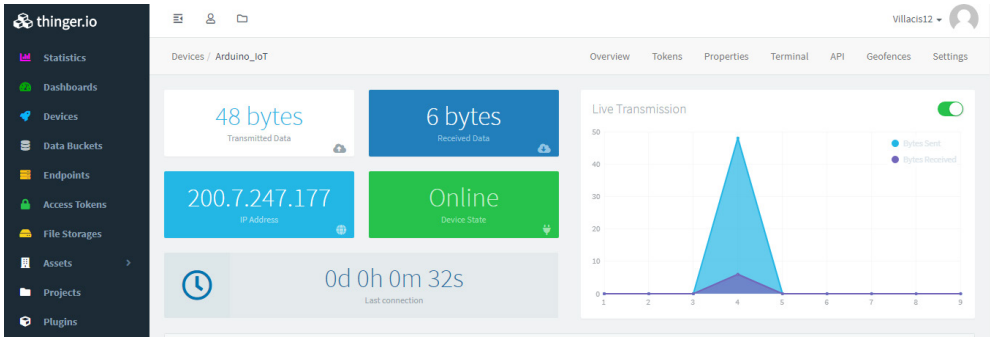


Figura 10 – *Dashboard IoT del sistema.*
Fuente: Elaboración propia

4.3. Protocolo de pruebas

Una vez implementado el módulo de monitoreo JV1.0 fue necesario validar y verificar su correcto funcionamiento. Se seleccionaron dos dispositivos para medición de la temperatura corporal y dos dispositivos para la concentración de oxígeno en la sangre. Las condiciones de medición en diferentes personas se encuentran descritas en la Tabla 2.

Característica	**Detalle**	
Temperatura ambiente	18 °C aproximadamente	
Posición del sujeto de prueba	Posición general	De pie
	Posición de brazos	Hacia abajo
	Posición de piernas	Hacia abajo, pies tocando el piso

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2 – *Características del escenario de prueba.*

Para la medición de temperatura se seleccionó un termómetro infrarrojo HT668 y un termómetro de mercurio. La concentración de oxígeno en la sangre se midió mediante el oxímetro OX-831 K&I y también con el oxímetro incorporado en el teléfono inteligente Samsung S8.

4.4. Pruebas del equipo

Se realizó una comparación de los rangos de medida entre los cuatro equipos y el módulo asistencial JV1.0 para determinar el margen de error existente en la temperatura corporal y la concentración de oxígeno en la sangre de una persona. En la Tabla 3 se muestran los rangos de medida de la temperatura corporal y en la Tabla 4 los rangos de la concentración de oxígeno en la sangre.

Rangos de medida de temperatura corporal		
HT 668	MP-*Promedical*	JV1.0
30 °C a 50 °C	35 °C a 42 °C	20°C a 60 °C

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3 – *Rangos de medida de temperatura corporal*

Rangos de medida de concentración de oxígeno en la sangre		
OX-831	*Smartphone* S8	JV1.0
70 – 99 % (± 1%)	70 – 99 % (± 3%)	70 – 99 % (± 1%)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4 – *Rangos de medida de oxigenación de la sangre*

La medida de la temperatura corporal y la concentración de oxígeno en la sangre fueron realizadas a miembros de una familia de diferentes edades. Se tuvo en cuenta que los valores normales de oxígeno en la sangre rodean el 95 % o 100 % (Trompetero González et al., 2015). Los resultados obtenidos muestran una variación en la medida de oxigenación de la sangre con un margen de error de ± 3 %, mientras que en la temperatura tiene un error menor al 0.3 %.

4.5. Análisis de Resultados

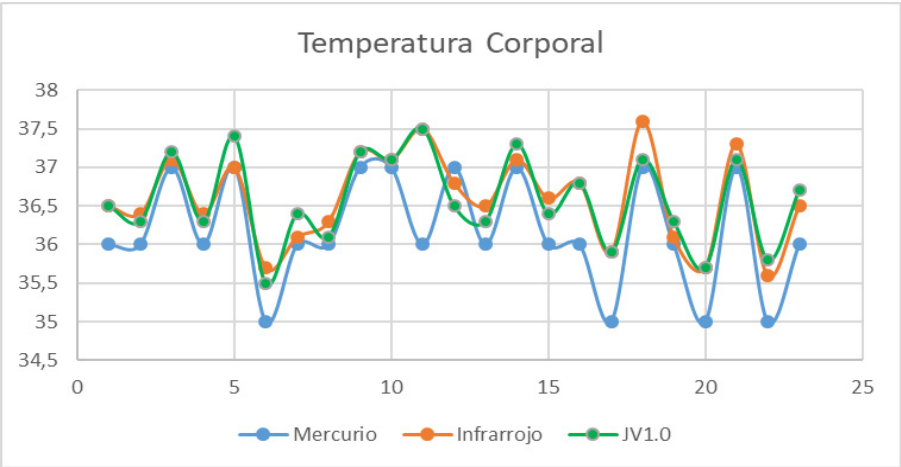


Figura 11 – *Mediciones de temperatura durante 3 semanas.*
Fuente: Elaboración propia

Teniendo como referencia los valores obtenidos por el sensor de temperatura infrarrojo MP-*Promedial* se realizaron mediciones de temperatura usando los otros medidores tanto de mercurio como el módulo JV1.0. Cabe recalcar que el medidor MP-*Promedial* es un sensor avalado médicamente. En la Figura 11 se observa que el módulo JV 1.0 ofrece mediciones más aproximadas al sensor de referencia utilizado.

El porcentaje de error entre los medidores de temperatura y el MP-*Promedial* se obtuvo mediante la fórmula del error absoluto que se muestra a continuación.

$$\%error = \frac{|valor\ aproximado - valor\ exacto|}{valor\ exacto} \times 100$$

En la Figura 12 se observa la variación del error tanto del medidor de mercurio HT 668 como del módulo JV1.0. Tal como se indicó previamente, el módulo JV 1.0 es el que proporciona un menor margen de error. En el caso del sensor de mercurio el error es mayor.

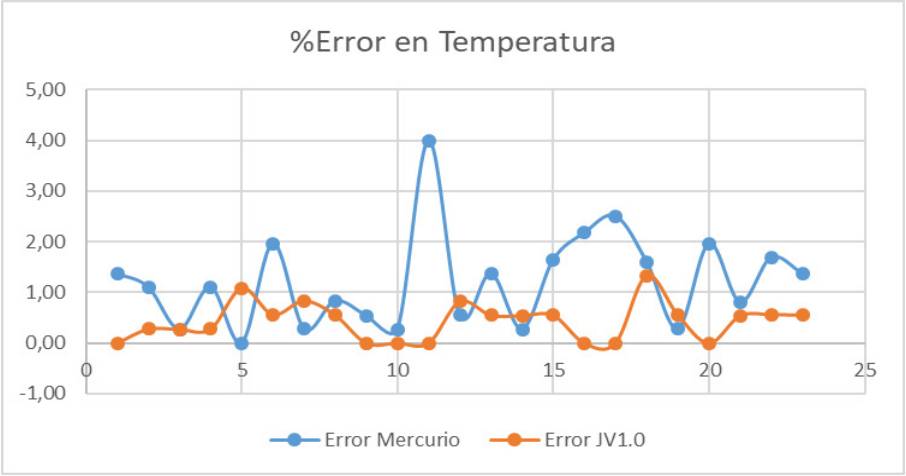


Figura 12 – *Porcentaje de error en la medición de temperatura corporal.*
Fuente: Elaboración propia

El mismo procedimiento se aplicó para medir la concentración de oxígeno en la sangre y teniendo como referencia al sensor calibrado médicamente K&I se obtuvieron los resultados que se muestran en la Figura 13. En este caso las mediciones del módulo JV 1.0 tuvieron una diferencia menor a 0.01 % con el sensor de referencia, por lo que prácticamente coinciden. Por otro lado, las mediciones realizadas con el dispositivo Samsung S8 poseen cierto porcentaje de error.

Aplicando la fórmula del error absoluto se obtuvieron los resultados de la Figura 14, en donde se puede observar claramente que el módulo JV1.0 presenta un nivel de error despreciable en las mediciones de concentración de oxígeno (menores a 0.01 %). En el caso del sensor de mercurio, este ofrece un error promedio en las mediciones del 3 %.

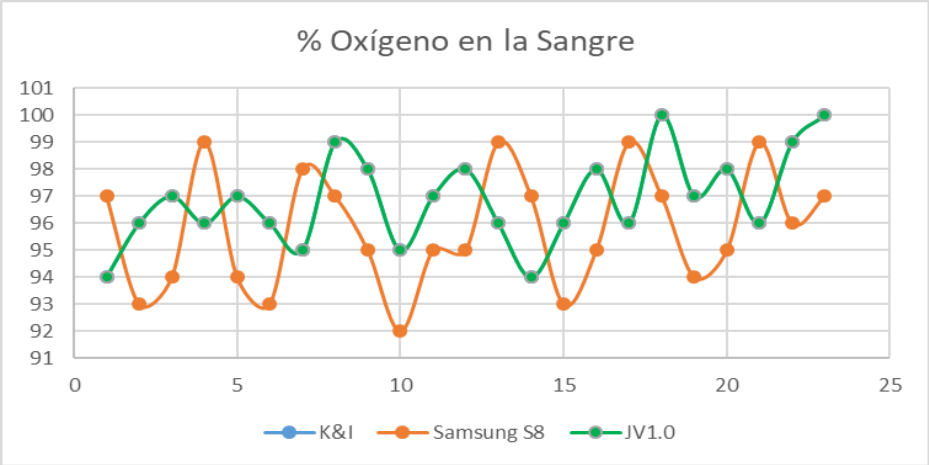


Figura 13 – *Medición de la concentración de oxígeno en la sangre durante 3 semanas.*
Fuente: Elaboración propia

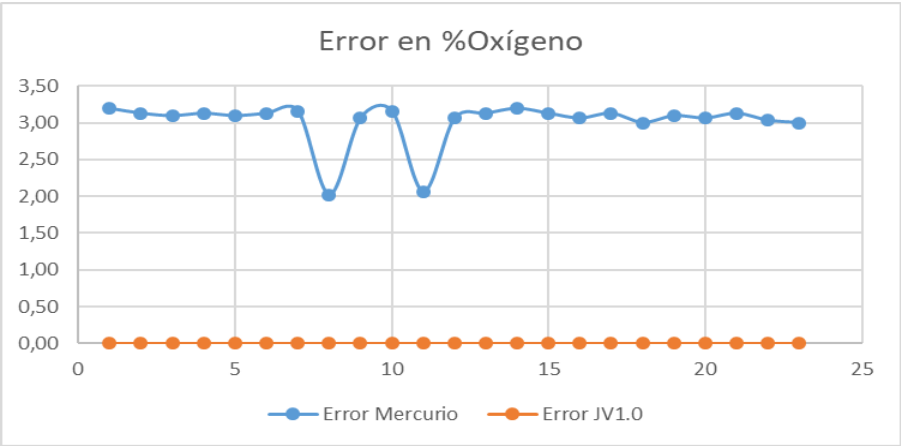


Figura 14 – *Porcentaje de error en la concentración de oxígeno en la sangre.*
Fuente: Elaboración propia

5. Conclusiones

La implementación de un módulo asistencial que monitorea los signos vitales de una persona desde su hogar mediante la utilización de dispositivos de IoT cumple con los parámetros electrónicos propuestos en el desarrollo del trabajo de investigación, el funcionamiento de los sensores es óptimo en la medición de los valores de temperatura y nivel de oxigenación de la sangre, la comunicación del módulo y la plataforma Thinger. io es inmediata, la visualización de datos en la pantalla TFT permite una interfaz gráfica amigable con el usuario. El módulo asistencial JV1.0 transmite los signos vitales de una persona de forma remota a través de una comunicación WiFi, datos como la temperatura

corporal y el nivel de oxigenación de la sangre son obtenidos por los sensores instalados en el módulo y estos a su vez son enviados a un servidor IoT y mediante la utilización de la plataforma thinger.io el médico accede a estos para diagnosticar al paciente de forma precisa y rápida.

Referencias

Enríquez , D. (Octubre de 2018). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA

MÓVIL MECATRÓNICO PARA LA TELEMEDICINA. Quito, Ecuador .

FDA. (2012). *Mejorando la seguridad de los dispositivos médicos en casa*. Food & Drug Administration. https://www.fda.gov/consumers/articulos-en-espanol/mejorando-la-seguridad-de-los-dispositivos-medicos-en-casa

González, M. (Octubre de 2018). Desarrollo de IoT, como solución para el tratamiento de enfermedades de manera remota. Buenos Aires, Argentina.

Llivicura, W., & Ulloa, M. (Junio de 2018). "Diseño y despliegue de una plataforma

integral de telemedicina en una nube privada basada en OpenStack". Cuenca, Ecuador.

Muriel Fernández, J., García Cenador, M., López Valverde, N., Muriel, C., Sánchez Ledesma, M., Muriel Fernández, J., García Cenador, M., López Valverde, N., Muriel, C., & Sánchez Ledesma, M. (2019). Las tecnologías de la información y la comunicación aplicadas entre los profesionales de la medicina que realizan tratamiento del dolor. *Revista de La Sociedad Española Del Dolor*, *26*(3), 175–183. https://doi.org/10.20986/resed.2019.3709/2018

Pérez, E., & Vargas, I. (2017). DESARROLLO DE UN ROBOT SOCIAL EN EL

ÁREA DE LA TELEMEDICINA PARA EL MONITOREO REMOTO Y DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES EN EL ADULTO MAYOR. Riobamba, Ecuador.

Peralta , J., & Toala , C. (Marzo de 2015). MÓDULO CLIENTE DE CAPTURA DE

DATOS CLÍNICOS PARA APLICACIONES DE TELEMEDICINA . Guayaquil, Ecuador.

Torres, A. R., Patiño, D. C., Landgrave, G. C., Ruiz, J. E. C., & Galicia, A. A. (2015). Análisis de un programa médico-asistencial para diabetes (diabetimss) mediante el método FODA. Revista Médica de la Universidad de Costa Rica, 9(1), 55-65.

Trompetero González, A. C., Mejía, E. C., Benavides Pinzón, W. F., Serrato, M., Landinéz, M. P., & Rojas, J. (2015). Comportamiento de la concentración de hemoglobina, el hematocrito y la saturación de oxígeno en una población universitaria en Colombia a diferentes Alturas. *Nutricion Hospitalaria*, *32*(5), 2309–2318. https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.5.9711

Vallejo, G. (2015). *Sistema de Monitoreo de Signos Vitales y Alerta de Accidentes para Personas con Problemas de Movilidad* [Universidad Técnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/15108/1/Tesis_t1071ec.pdf

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

Recebido/Submission: 13/10/2022
Aceitação/Acceptance: 12/12/2022

Propuesta de App Móvil para la gestión de incidentes de tránsito

Darwin Corral[1], Renato M. Toasa[2], Yadira Semblantes[3,4], Luis F. Aguas[2]

darwin.corral@quito.gob.ec; rtoasa@uisrael.edu.ec; ymsemblantes@espe.edu.ec; laguas@uisrael.edu.ec

[1] Agencia Metropolitana de Tránsito Quito, Quito, Ecuador.

[2] Universidad Tecnológica Israel, Quito, Ecuador.

[3] Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga, Ecuador.

[4] Instituto Superior Tecnológico Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.

Pages: 67-76

Resumen: Los incidentes de tránsito son un problema que afecta a toda la población en general, que ocasiona altos costos para los involucrados y para las autoridades, en países y ciudades del tercer mundo como el caso Ecuador y Quito, no existen Plataformas que automaticen el registro y control de los mismos. En este sentido, este trabajo propone el desarrollo de una solución informática móvil que permita el registro y seguimiento de incidentes de tránsito en el Distrito Metropolitano de Quito, de esta manera determinar los lugares y motivos donde más ocurren estos percances, esto servirá como base para crear programas de concientización a las personas sobre los incidentes de tránsito, sus implicaciones y como evitarlos. Los resultados preliminares muestran la aplicación móvil con sus diferentes funciones que permiten registrar incidentes en tiempo real y un dashboard para el seguimiento lo que permitirá que las autoridades tomen decisiones adecuadas y oportunas en beneficio de toda la población de Quito.

Palabras-clave: Incidentes, transito, app, móvil, control.

Mobile App proposal for the management of traffic incidents

Abstract: Traffic incidents are a problem that affects the entire population in general, causing high costs for those involved and for the authorities, in countries and third world cities such as Ecuador and Quito, there are no platforms that automate the registration and control of them. In this sense, this work proposes the development of a mobile software solution that allows the registration and monitoring of traffic incidents in the Metropolitan District of Quito, thus determining the places and reasons where most of these mishaps occur, this will serve as a basis for creating awareness programs for people about traffic incidents, their implications and how to avoid them. Preliminary results show the mobile application with its different functions that allow recording incidents in real time and a dashboard for monitoring, which will allow authorities to make appropriate and timely decisions for the benefit of the entire population of Quito.

Keywords: Incidents, traffic, app, mobile, traffic, control.

1. Introducción

La tecnología ha crecido a pasos agigantados, se han desarrollado distintas herramientas tecnológicas, uno de los que ha causado un gran impacto son los dispositivos móviles, su uso se ha convertido en una necesidad básica, por lo cual millones de personas permanecen gran parte del tiempo conectados a sus dispositivos, se han generado distintas aplicaciones que son utilizadas para la monitorización, gestión de procesos, planificación y coordinación de estrategias que permiten optimizar el empleo de recursos y costes.

En esta era de rápidos avances tecnológicos, estas aplicaciones se han convertido en una de las principales herramientas que utilizamos a diario tanto en nuestra vida personal como profesional, se utilizan como apoyo para resolver distintas problemáticas, desde aspectos educativos (Lai et al., 2013), para fomentar el turismo (Silva et al., 2018), visualizaciones en modelos 3D (Florez et al., 2021), para concientizar el consumo eléctrico(Toasa et al., 2017), entre otros problemas que afectan a la sociedad.

Uno de los problemas que actualmente se evidencia a nivel mundial, son los accidentes de tránsito, según Gómez-García et al., (2019)"los accidentes de tránsito siguen un patrón temporal de agrupamiento a largo de todo el año". Los resultados hallados constituyen una valiosa información para establecer estrategias y campañas puntuales en cuanto al mes, día y franjas horarias, para evitar estos problemas.

En Ecuador, según la Agencia Nacional de Transito (ANT), Hasta Octubre 2022, se han registrado un total de 16210 accidentes de tránsito a nivel nacional, en los cuales 1645 personas fallecieron y 14073 resultaron heridas(*Visor de Siniestralidad – Estadísticas – Agencia Nacional de Tránsito Del Ecuador – ANT*, n.d.). Hay que considerar también que existen accidentes que no se registran. Los accidentes son muy frecuentes en Ecuador y su ocurrencia está lejos de disminuir, hasta que se concientice a las personas y se generen mejores leyes de tránsito. Los accidentes de tránsito son un problema común que se reporta diariamente en las principales vías de Quito. Según datos de la Agencia Metropolitana de Tránsito (AMT), 1 563 se reportaron desde enero hasta junio del 2022, donde hubo 947 heridos y 112 fallecidos (*ATM*, n.d.).

El uso significativo de aplicaciones móviles inteligentes puede ser potencialmente muy beneficioso, en este sentido, el objetivo que persigue la presente investigación es el desarrollo de una aplicación móvil para el registro de incidentes de tránsito reportados por la ciudadanía del Distrito Metropolitano de Quito, mediante el mismo se pretende dar solución a los diversos problemas que se generan al momento de la toma de la información, disminuyendo los tiempos de respuesta, para lo cual se propone la automatización del registro y validación de información de manera inmediata.

Con el desarrollo de este trabajo se pretende reducir la huella de carbono, mediante el uso de una programación verde, también beneficia a los usuarios y a la AMT reduciendo el monto de dinero en adquisición de papel, uso de saldo para los dispositivos móviles y el uso de telefonía fija para coordinar la atención de incidentes reportados por los ciudadanos y mejorando los índices de respuesta, por lo tanto la aplicación además de estos beneficios también posee una interfaz amigable muy fácil de usar.

La metodología seleccionada para este proyecto fue “ScrumBan”, la cual brinda beneficios dentro del proyecto, evidenciando con claridad que es lo que tiene que hacer cada integrante del equipo sin un orden jerárquico, además que nos ayuda mejorando la productividad con el tablero de “Kanban” (Amaya Balaguera, 2015).

El documento se encuentra organizado de la siguiente manera: la sección 2 describe el problema y una breve revisión de literatura, la sección 3 detalla el caso de estudio y la construcción de la aplicación propuesta finalmente en la sección 4 se muestran las conclusiones del trabajo.

2. Definición del problema y Estado del Arte

2.1. Problema en cuestión

Hoy en día el elevado incremento en el número de vehículos circulando por las calles ha ocasionado muchos problemas importantes, como las pérdidas de vidas y bienes ocasionadas por los accidentes de tránsito (Suat-Rojas et al., 2022).

En Ecuador la AMT es la organización encargada de gestionar de manera efectiva el control del transporte terrestre, tránsito y seguridad vial. Es por ello que diariamente reciben reportes de incidentes de tránsito como lo son congestión vehicular, accidentes de tránsito, denuncias de transportes, entre otros. Los incidentes de tránsito son reportados al Call Center de la AMT vía telefónica, abarcando aproximadamente alrededor de cuarenta (40) incidentes diarios reportados por la ciudadanía, los cuales son registran en hojas electrónicas de Excel.

Todo esto hace que la institución pierda información importante cuando los archivos de Excel se dañan o se eliminan por error, además que el operador puede registrar la información de manera incorrecta, existiendo así en los registros datos inconsistentes.

2.1. Breve revisión del estado del arte

Toda investigación parte con grandes interrogantes que deben ser respondidas para resolver el problema de estudio, en este trabajo las preguntas iniciales que se plantean son ¿Qué se sabe y cómo se ha explicado? ¿Son concluyentes los resultados? ¿Qué queda por estudiar? En respuesta a las interrogantes planteadas se ha identificado lo siguiente:

Inicialmente Kashevnik et al., (2019), propone el desarrollo de una aplicación móvil para el monitoreo, análisis y recomendaciones de conductores basadas en comportamientos de conducción inseguros detectados para la prevención de accidentes, esto se hace mediante unan metodología ágil que admite los siguientes estados peligrosos en línea del conductor: distracción y somnolencia, así como un estado peligroso fuera de línea relacionado con una frecuencia cardíaca alta, los resultados experimentales fueron satisfactorios ya que se da un seguimiento total al siniestro.

Por otro lado, Tanas & Herrera-Joancomartí, (2013), proponen una aplicación de detección móvil denominada Incidencies 2.0 , cuyo objetivo es apoyar a los usuarios a notificar y mantenerse informados sobre las incidencias de la red pública ferroviaria en el área metropolitana de Barcelona, esto mediante el uso de los sensores que vienen incluidos en estos dispositivos. El uso de los sensores se incluye en el área de Internet de las Cosas IOT, en Kenia también se desarrolla una solución informática que da

seguimiento a los incidentes de tránsito, estas incidencias se muestran en un mapa web donde estos detalles pueden ser consultados por cualquier interesado, el registro de información de ubicación es compatible con esta aplicación y depende completamente del módulo de posicionamiento global (GPS) (Macharia, 2017).

Siuhi & Mwakalonge, (2016), desarrollan un trabajo donde se identifica las oportunidades y desafíos de las aplicaciones móviles enfocadas en la gestión transporte y sus actividades derivadas las oportunidades y a la vez desafíos identificados en este estudio son: planificación de rutas, viajes compartidos/coches compartidos, seguridad vial, información de estacionamiento, recopilación de datos de transporte, emisiones y consumo de combustible e información de viajes. Con el avance tecnológico se espera que se desarrollen aplicaciones móviles que permitan mejorar el transporte.

También, se identifican trabajos que implementan aplicaciones móviles para la gestión de transporte y se ha identificado que después de haber implementado el aplicativo de gestión, post – test, existe una reducción de tiempos significativos en comparación al pre – test siendo así, que se obtienen un máximo de 25 minutos y un mínimo de 3 minutos (Sanchez Marin, 2021), en este trabajo se usa el GPS de los equipos móviles, realizando captura de coordenadas geográficas, placa del vehículo, hora, fecha de accidente y tipo de accidente.

La literatura descrita en párrafos anteriores valida la importancia de utilizar aplicaciones móviles en la gestión de incidentes de tránsito. Lo que permitirá generar nuevo conocimiento al momento de gestionar los estos incidentes y mejorar el proceso de toma de decisiones, con el objetivo de mejorar la vida de las personas y aportar a os objetivos de desarrollo sostenible.

3. Caso de Estudio

Actualmente la Central de Radio de la AMT, trabaja las 24 horas del día en horarios rotativos receptando los reportes o incidentes que realizan los ciudadanos, el registro de la información proporcionada se la maneja en hojas electrónicas de Excel, lo cual es muy susceptible que existan errores de digitación ya que no cuenta con una validación en el registro. Entre la información que se recibe diariamente es:

- Accidente de tránsito
- Congestión vehicular
- Atropello de personas
- Vehículos mal estacionados
- Conductores en estado etílico

En este sentido a continuación se detalla el desarrollo de la App móvil propuesta.

3.1. Arquitectura

La arquitectura seleccionada fue la de microservicios (Waseem et al., 2020), la cual se basa en establecer diferentes características/tareas, se dividen en módulos/bases de códigos, que en conjunto con cada uno de estos funcionan para formar un gran servicio completo, a diferencia de la arquitectura monolítica la cual sus componentes trabajan juntos, compartiendo los mismos recursos y memoria.

Esta arquitectura facilita el mantenimiento de una aplicación, el desarrollo de características, las pruebas y la implementación en comparación con una arquitectura monolítica, esta se define en la Figura 1.

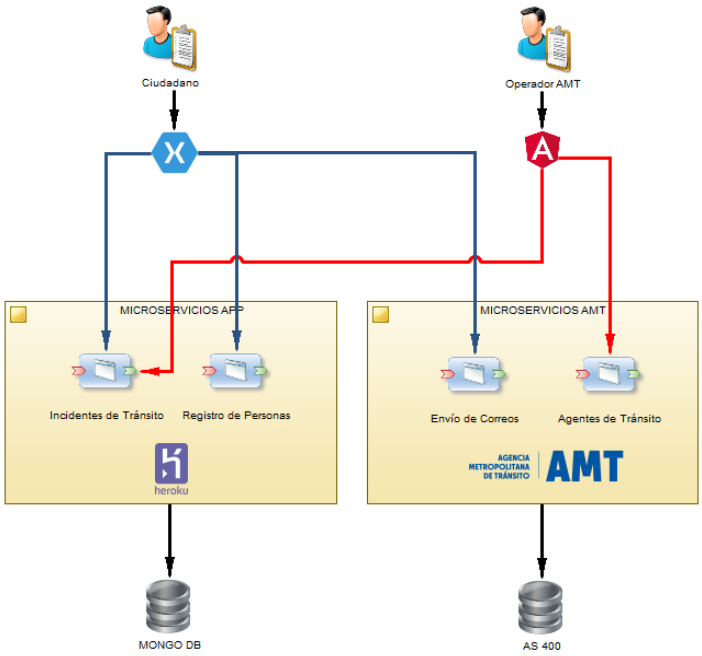


Figura 1 – Arquitectura de Microservicios Propuesto

3.2. Aspectos de Desarrollo

En base a la planificación de las actividades con referencia a la documentación que se genera con la Metodología Scrum utilizada, se realizó los prototipos y diseños correspondientes de la base de datos, es por ello que en esta fase se procede a iniciar el desarrollo de las aplicaciones con los lenguajes y herramientas previamente definidas en la planificación del proyecto.

Como fase de inicio de desarrollo se empezó con la selección de la base de datos que en este caso fue Mongo DB, el cual es un sistema de base de datos NoSQL orientado a documentos y de código abierto, la cual se seleccionó en base al tiempo y dificultad del proyecto, con los requerimientos y prototipos definidos en la etapa de planificación y estimación se definieron 4 tablas: Catálogos, Personas, Incidentes, Notificaciones.

Debido a la base de datos seleccionada se necesitaba buscar un lenguaje para el desarrollo de los servicios web que permita integrar de manera rápida y eficaz los datos, es por ello que se seleccionó Nest JS el cual es una herramienta que permite construir backend en

Javascript de forma estructurada. Además, que permite construir las aplicaciones con el patrón Modelo Vista Controlador (MVC) (Duc, 2020).

Una vez que los servicios fueron probados y que funcionaban de acuerdo a la lógica que el sistema requería, como primera instancia se los publicó en la plataforma Heroku (Danielsson et al., 2021), el cual es un servicio de computación en nube el cual soporta distintos lenguajes de programación y en este caso se adapta perfecto a nuestro lenguaje Nest JS.

3.3. Aplicación móvil

Para el desarrollo de la aplicación en ambiente móvil se había definido utilizar el framework Xamarin.forms, ya que esta plataforma de desarrollo permite construir aplicaciones móviles multiplataforma es decir que estarían disponibles para las plataformas Android e IOS.

De acuerdo con la documentación de Scrum en este caso en el Product Backlog, se identifican los diferentes Sprints, en este caso se van a detallar los más importantes

"*Como un Usuario, necesito una pantalla donde ingresar usuario y password, con la finalidad de ingresar al sistema*", esto se detalla en la Figura 2.

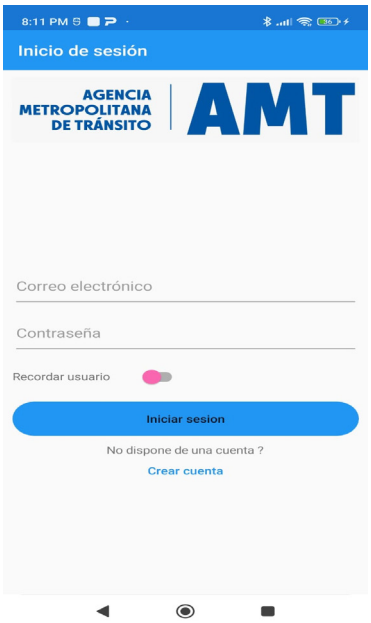


Figura 2 – Ventana Login

"Como un Usuario, necesito una pantalla donde pueda ver notificaciones y poder generar un incidente, con la finalidad de ver los estados de mis incidentes y creación de nuevos incidentes". Esto se detalla en la Figura 3.

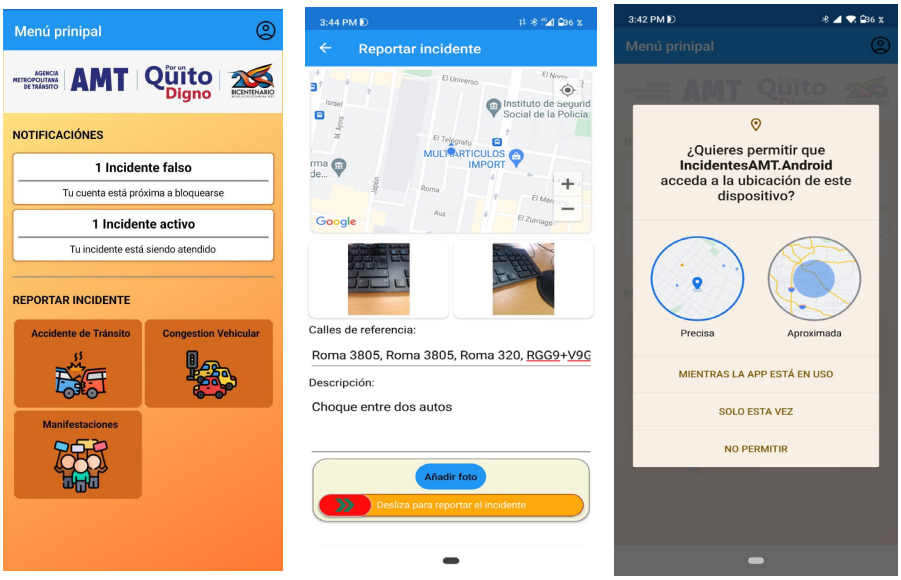


Figura 3 – Ventana de registro de incidentes de tránsito

Finalmente es necesario dar seguimiento a los incidentes registrados por el usuario, esto se muestra en la Figura 4.

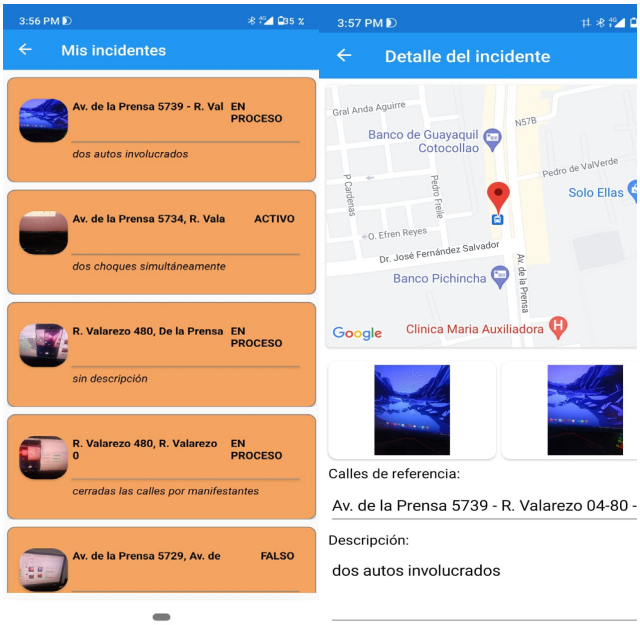


Figura 4 – Ventana de seguimiento

Adicional se desarrolló un dashboard web (Ver Figura 5), para dar seguimiento en tiempo real a los incidentes registrados.

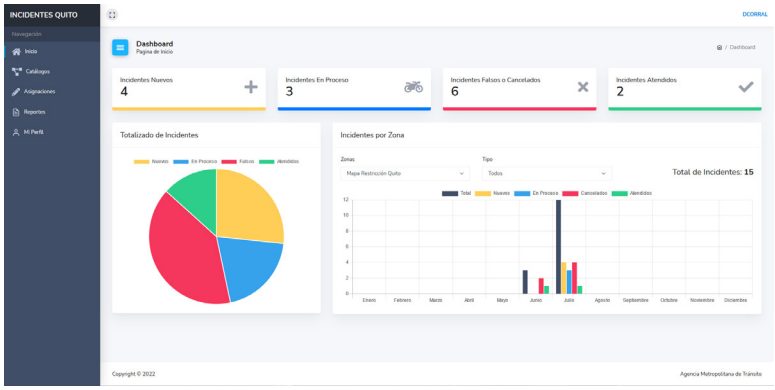


Figura 5 – Dashboard de seguimiento

4. Conclusiones

La metodología "Scrumban" en la fase inicial del proyecto permitió determinar las necesidades y requerimientos del usuario, constituyéndose en la base fundamental para el proceso de desarrollo de la aplicación móvil para la AMT, cumpliendo con las expectativas del usuario y ofreciendo un producto de calidad.

La arquitectura de microservicios facilitó el proceso de integración con diferentes sistemas, como lo fue reutilizar algunas APIS de la app móvil para el desarrollo del sistema web, al igual que integrarnos fácilmente con APIS propias de la AMT. Logrando una aplicación que se adapta a las necesidades identificadas.

El sistema móvil es un aporte inicial para la gestión de incidentes de tránsito de la AMT, a futuro se pretende añadir nuevos módulos que permitan un mejor control de estos incidentes y que logren concientizar a las personas para de esta manera evitar estos incidentes que afectan a toda la ciudadanía y por ende retrasan el crecimiento económico y social de Quito.

Referencias

Amaya Balaguera, Y. D. (2015). Metodologías ágiles en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles. Estado actual. *Revista de Tecnología*, *12*(2). https://doi.org/10.18270/rt.v12i2.1291

Danielsson, P., Postema, T., & Munir, H. (2021). Heroku-based innovative platform for web-based deployment in product development at axis. *IEEE Access*, *9*, 10805–10819. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3050255

Duc, P. A. (2020). *DEVELOPING BACK-END OF A WEB APPLICATION WITH NESTJS FRAMEWORK Title of publication Developing back-end of a web application with NestJS framework Case: Integrify Oy's student management system*.

Florez, C. C., Quevedo, W., Galora, F. J., & Toasa, R. M. (2021). Performance of WebGL standard for displaying 3D applications on mobile devices. *Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI*. https://doi.org/10.23919/CISTI52073.2021.9476391

Gómez-García, A. R., Orbe-Montenegro, V., & Campos-Villalta, Y. (2019). Morbilidad y mortalidad por accidentes de tránsito según componentes temporales, Ecuador. *Killkana Salud y Bienestar*, *3*(1), 9–16. https://doi.org/10.26871/killcana_salud.v3i1.246

Kashevnik, A., Lashkov, I., & Gurtov, A. (2019). Methodology and mobile application for driver behavior analysis and accident prevention. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, *21*(6), 2427–2436.

Lai, H. C., Chang, C. Y., Wen-Shiane, L., Fan, Y. L., & Wu, Y. T. (2013). The implementation of mobile learning in outdoor education: Application of QR codes. *British Journal of Educational Technology*, *44*(2). https://doi.org/10.1111/J.1467-8535.2012.01343.X

Macharia, S. N. (2017). *Development of a Mobile Application for Recording and Sharing Road Incidents Data Case Study: Nairobi County*. http://erepository.uonbi.ac.ke/handle/11295/101216

Sanchez Marin, J. J. (2021). Aplicación móvil con geolocalización para mejorar el control de siniestros ocurridos por accidentes de tránsito – Afocat Chimbote Región Ancash. *Psikologi Perkembangan*, 62.

Silva, C. A., Toasa, R., Guevara, J., Martinez, H. D., & Vargas, J. (2018). Mobile Application to Encourage Local Tourism with Context-Aware Computing. *The 2018 International Conference on Information Technology & Systems, ICITS'18*, 796–803. https://doi.org/10.1007/978-3-319-73450-7_75

Siuhi, S., & Mwakalonge, J. (2016). Opportunities and challenges of smart mobile applications in transportation. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, *3*(6), 582–592. https://doi.org/10.1016/J.JTTE.2016.11.001

Suat-Rojas, N., Gutierrez-Osorio, C., & Pedraza, C. (2022). Extraction and Analysis of Social Networks Data to Detect Traffic Accidents. *Information 2022, Vol. 13, Page 26*, *13*(1), 26. https://doi.org/10.3390/INFO13010026

Tanas, C., & Herrera-Joancomartí, J. (2013). Users as smart sensors: A mobile platform for sensing public transport incidents. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *7685 LNAI*, 81–93. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36074-9_8/COVER

Toasa, R., Silva, C., Silva, C., Goncalves, D., Neves, L., & Marcelino, L. (2017). Energy consumption behaviour characterization with mobile gamification. *Iberian Conference on Information Systems and Technologies, CISTI*. https://doi.org/10.23919/CISTI.2017.7975900

Visor de siniestralidad – Estadísticas – Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador – ANT. (n.d.). Retrieved October 19, 2022, from https://www.ant.gob.ec/visor-de-siniestralidad-estadisticas/

Waseem, M., Liang, P., & Shahin, M. (2020). A Systematic Mapping Study on Microservices Architecture in DevOps. *Journal of Systems and Software*, *170*, 110798. https://doi.org/10.1016/J.JSS.2020.110798

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

Recebido/Submission: 16/10/2022
Aceitação/Acceptance: 20/12/2022

Integración Moodle con Sistemas de Gestión Académica en las IES, caso de estudio Tecnológica Universidad Israel

Henry Recalde[1], Paúl Baldeón[1], Patricia Albuja[1], Renato Toasa[1]

hrecalde@uisrael.edu.ec; pbaldeon@uisrael.edu.ec; palbuja@uisrael.edu.ec; rtoasa@uisrael.edu.ec

[1] Universidad Tecnologica Israel, Quito, Ecuador.

Pages: 77-85

Resumen: El presente artículo tiene como objetivo analizar la integración de Moodle con Sistemas de Gestión Académica de Instituciones de Educación Superior, así como la factibilidad para solución usada en el caso de estudio y además de las que tecnologías fueron usadas para conseguir dicha integración para proponer futuras investigaciones basadas para integrar dichos sistemas. Es importante mencionar que en relación a este estudio se lo hace debido a la necesidad de que la información académica de estudiantes, docentes y cursos, entre Sistemas de Gestión Académica y Moodle no suele estar sincronizada generando inconsistencias de los datos académicos al ser dos plataformas diferentes.

Palabras-clave: Moodle; IES; Bases de datos; integración; SGA

Integration of Moodle with Academic Management Systems in HEIs, case study UISRAEL

Abstract: This article aims to analyze the integration of Moodle with Academic Management Systems of Higher Education Institutions, as well as the feasibility of the solution used in the case study and the technologies that were used to achieve such integration in order to propose future research based on integrating these systems. It is important to mention that in relation to this study it is done due to the need that the academic information of students, teachers and courses, between Academic Management Systems and Moodle is not usually synchronized generating inconsistencies of academic data to be two different platforms.

Keywords: Moodle; HEIs; Databases; integration; AMS

1. Introducción

El reto de las instituciones de educación superior es su compromiso en brindar una educación de calidad que permita a los estudiantes formarse como profesionales con altas competencias digitales porque en la actualidad y en el futuro se requiere el uso de las tecnologías en cualquier ámbito laboral.

Por otra parte, las distintas modalidades que se ofertan en las instituciones educativas (presencial, semipresencial, distancia, en línea), requiere el apoyo de herramientas tecnológicas que permitan a los docentes ser un apoyo para fortalecer el proceso de enseñanza y aprendizaje, con procesos innovadores, dinámicos, eliminando las limitaciones de comunicación, ubicación geográfica, tiempo y reduciendo costos.

Como lo menciona Díaz et al., (2012) "el ámbito de e-learning la comunicación entre diferentes plataformas facilita el intercambio, integración y reutilización de recursos educativos que han sido desarrollados en plataformas y herramientas heterogéneas", es importante precisar que la integración entre los sistemas permite ampliar las sus funcionalidades.

Por otra parte, las instituciones de educación superior (IES) tienen dificultades para obtener información integral de sus sistemas de información, ya que la mayoría de ellas continúan utilizando sistemas por separado y no tienen la posibilidad de brindar servicios integrales que permitan su fácil interacción para el registro de cursos, docentes y estudiantes. (Moura & Bernardino, 2011)

De acuerdo con, Weber, (2021), al analizar los Sistemas de Gestión a Académica (SGA) y Entornos Virtual de Aprendizaje (EVA), se necesita compartir mucha información entre ellos, dado que el SGA contiene información más completa sobre estudiantes y profesores, y EVA solo necesita parte de esta información. este intercambio de información La integración de sistemas es necesaria para automatizar, optimizar y simplificar tareas administrativas.

Basado en los resultados de la presente investigación, se ha tomado en cuenta el caso de estudio de las instituciones educativas de nivel superior para hacer un diagnóstico a la integración de Moodle en las universidades, escuelas politécnicas e institutos de educación superior.

El presente trabajo permite analizar el caso de estudio de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL) y la solución implementada para la integración de su Sistema de Gestión Estratégica (SIGE) en el cual está la administración académica y el EVA de la institución mediante la implementación desarrollada como un proyecto institucional, esto con el objetivo de plantear futuros trabajos para una implementación estándar basada en las mejores prácticas.

2. Moodle

2.1. Entorno Virtual de Apprendizaje Modular

Moodle es un sistema robusto que apoya la enseñanza e interacción entre docentes y estudiantes, generando espacios interactivos, dinámicos y diversos.

El sistema Moodle es una herramienta reconocida a nivel mundial, es un software gratuito que soporta más de 120 idiomas, modular, es decir que se puede activar o desactivar todas y cada una de las características de manera granular lo que permite a las instituciones educativas ajustar a la aplicación a la medida de sus necesidades. (Martínez de Lahidalga, 2008)

Moodle puede ser instalado de manera local o en una nube privada, tiene un infinito de extensiones gratuitas que pueden ser instaladas para el apoyo de la enseñanza y aprendizaje. (Vallesta, 2016)

2.2. API's y servicios de Integración en Moodle

Moodle usa distintos tipos de librerías denominadas API la cuales permiten integrar servicios que la plataforma tiene desde sistemas externos.

Un servicio web consiste básicamente en un servidor (que puede ser un script PHP) que se comunica a través de un determinado protocolo (SOAP ó XML-RPC) con un cliente de forma remota (que puede ser una aplicación u otro script) En la parte del servidor especificas los servicios que ofrece, y también la función o funciones asociadas a cada servicio. (Tomalá & Javier, 2020)

2.3. Organismos de Control de las IES

En el Ecuador las IES son evaluadas a través de los organismos de control como Consejo de Educación Superior (CES), la SENESCYT y el Consejo de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CACES) quienes contribuido para a la construcción y el fortalecimiento en la calidad de la educación superior y esto mediante la creación, implementación y control para dar cumplimiento de la normativa, modelos de evaluación, y procesos de acreditación y aseguramiento vigentes para la calidad en instituciones de educación superior y carreras de especialidad. (LEY ORGANICA DE EDUCACION SUPERIOR, LOES, s/f)

"La gestión académica articula en su accionar los procesos de docencia, investigación y vinculación con la sociedad como ejes transformadores del sistema educativo, procurando en todo momento el desarrollo adecuado de las actividades que relacionan el proceso académico; integrando un modelo educativo que garantiza la calidad de la educación superior." (Romero, 2016)

2.4. Sistemas de Gestión Acdemica IES

De acuerdo con, Pesántez Avilés, (2012) muchos Sistemas de Gestión Académica (SGA) son desarrollados por las instituciones a medida de sus requerimientos internos y reglas den negocio establecidas en el desarrollo del sistema como tal, esto permite el a las instituciones contar con sistemas de información propietarios.

Como lo menciona Preciado et al., (2019), "la aplicación de sistemas de gestión de la calidad en organizaciones dedicadas a los servicios se ha fortalecido en esta última década. Los sistemas de educación, incluyendo la educación superior, no son la excepción."

3. Caso de estudio Uisrael

Como caso de estudio se toma a la Universidad Tecnológica Israel(UISRAEL) en Quito – Ecuador la cual es una institución con 22 años de trayectoria formado profesionales en pregrado y posgrado la misma fue acreditada en el año 2020 por el Consejo de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CACES).

La institución cuenta con un Sistema de Integrado Gestión Estratégica el cual fue desarrollado en el año 2018 como parte de un proyecto institucional. e investigación. (Baldeón & Gaibor Y R, 2019)

En el año 2020 se realizó un proyecto para la integración de Moodle con su Sistema de Gestión Estratégica (SIGE) en el cual se contempla la gestión académica en sus módulos implementados.

Para esto es necesario realizar un análisis del proyecto institucional para destacar los principales elementos que se tomaron en cuenta para dicha implementación.

3.1. Metodología de desarrollo

La metodología es un proceso el cual está integrado de técnicas y métodos que permite abordar de forma equilibrada y abierta cada una de las actividades del ciclo de vida en un proyecto de desarrollo de software el mismo que es detallado y completo.

Se basan en una combinación de modelos de procesos genéricos. En una metodología se definen artefactos, roles y actividades, junto con las mejores prácticas y técnicas.

"La metodología para el desarrollo de software es un modo sistemático de realizar, gestionar y administrar un proyecto para llevarlo a cabo con altas posibilidades de éxito. Una metodología para el desarrollo de software comprende los procesos a seguir sistemáticamente para idear, implementar y mantener un producto software desde que surge la necesidad del producto hasta que cumplimos el objetivo por el cual fue creado." (Britto, 2016)

3.2. Herramientas utilizadas

- SQLServer

"Es un sistema relacional de administración de bases de datos, o RDBMS, desarrollado y comercializado por Microsoft, se basa en SQL, un lenguaje de programación estándar para interactuar con las bases de datos relacionales. SQL ServerSQL Server está vinculado a Transact-SQLTransact-SQL o T-SQL, la implementación de SQL de Microsoft que agrega un conjunto de construcciones de programación propietarias". (WilliamDAssafMSFT, s/f)

- PostgreSQL

"Sistema de administración de base de datos relacionales de objetos (ORBDMS), es compatible con una gran parte del estándar SQL. posee licencia gratuita, esto permite su utilización, modificación y distribución por cualquier usuario de manera gratuita sin importar el propósito del uso pudiendo ser, privado, comercial o académico". (Momjian, 2004)

- Servidores vinculados

Los servidores vinculados tienen la funcionalidad de enviar una sentencia T-SQL a una instancia de SQL Server, que retorna datos desde otras instancias. Un servidor vinculado permite combinar datos desde varias instancias usando una sola sentencia

T-SQL, cuando los datos existen en múltiples bases de datos en diferentes instancias SQL. (Zivkovic, 2018)

- Visual Studio

"Es un conjunto completo de herramientas de desarrollo para la generación de aplicaciones web ASP.NET, Servicios Web XML, aplicaciones de escritorio y aplicaciones móviles. Visual Basic, Visual C# y Visual C++ utilizan todos los mismos entornos de desarrollo integrado (IDE), que habilita el uso compartido de herramientas y facilita la creación de soluciones en varios lenguajes. Asimismo, dichos lenguajes utilizan las funciones de .NET Framework, las cuales ofrecen acceso a tecnologías clave para simplificar el desarrollo de aplicaciones web ASP y Servicios Web XML, fue lanzado en 1997, cuenta con versiones gratis y de venta". (TerryGLee, s/f)

3.3. Propuesta a la integración

De acuerdo a Fabre Cañizares et al., (2021), su propuesta es realizada en relación al crecimiento de la población estudiantil la Uisrael tiene en cada periodo académico y esto hace que los procesos para la gestión de cursos, profesores y estudiantes sobretodo en su Entorno Virtual de Aprendizaje tengan la información sincronizada con su sistema de gestión académica.

"Con esta integración de sistemas en el proceso de matriculación, la universidad podrá tener a su comunidad educativa registrada en ambas plataformas sin necesidad de acceder al sistema VLE y realizar los procesos adicionales que esto conlleva". (Fabre Cañizares et al., 2021)

De acuerdo a la propuesta del proyecto en la Universidad Tecnológica Israel se realiza un proceso usando procedimientos almacenados los mismos que son ejecutados en el SIGE y hacen uso de servidores vinculados para poder comunicarse entre el la base de datos del SIGE que es SQL Server y el VLE que está en la plataforma Moodle y usa PostgreSQL como se representa en la *Figura 1*.

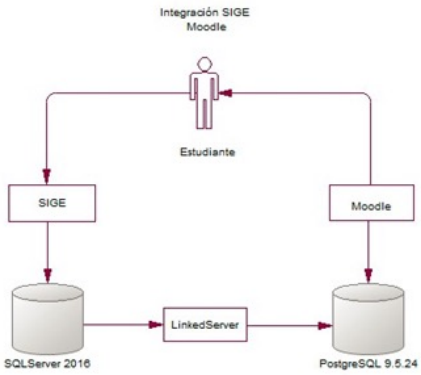


Figura 1 – Ciclo de Integración SIGE-Moodle propuesto en el proyecto
(Fabre Cañizares et al., 2021)

3.4. Funcionamiento del proceso

En el funcionamiento del proceso los autores establecen que "el sistema SIGE en su proceso de matriculación llama el procedimiento almacenado que registra la información en la base de datos SQL Server, ejecutando SPs de integración y registro de datos directos desde el SIGE hacia la base de datos Postgres del sistema Moodle, eliminando la duplicidad del trabajo del alumno de volver a registrar su matrícula en el sistema Moodle". (Fabre Cañizares et al., 2021)

Como se muestra en la *Figura 2*. El proceso propuesto en el proyecto de integración mediante un caso de uso.

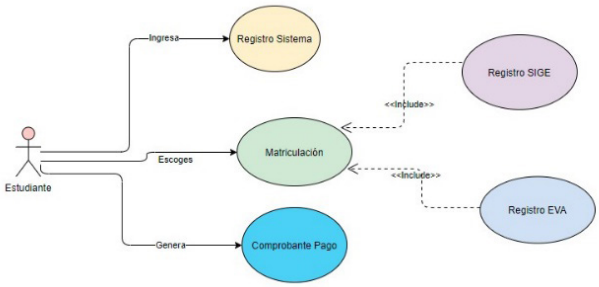


Figura 2 – Caso de Uso del estudiante en el proceso de matriculación y la interacción con las plataformas del SIGE-EVA(Moodle) (Fabre Cañizares et al., 2021)

3.5. Resultados de la implementación

En el caso de estudio se indica que la solución permitió establecer la integración de los datos académicos y para esto se procedió a implementar en el proceso de matrícula por parte de los estudiantes, debido a que en el mencionado proceso los estudiantes seleccionan los cursos de las materias correspondientes que pueden tomar en un semestre de acuerdo a su malla académica definida en carrea que están estudiando.

Es importante puntualizar que cada sistema académico puede tener distintos procesos de matriculación, lo que se sugiere en este caso es establecer el mecanismo adecuado de integración como en este caso mediante el uso de procedimientos almacenados y servidores vinculados, para poder sincronizar la información.

Es importante mencionar que el presente estudio se encarda de analizar el caso de estudio de la UISRAEL y su implementación para su caso en particular.

4. Discusión

En relación al caso de estudio plantear una discusión la cual permitirá establecer futuros trabajos que contemplen las mejores prácticas para la integración de Moodle con Sistemas de Gestión Académica de las IES.

Para esto se identificó dos elementos a tomar en consideración para poder desarrollar trabajos futuros como los son la definición de un proceso estándar además de ventajas y desventaja de la implementación del caso de estudio.

Se debe estudiar la posibilidad de realizar implementaciones y programaciones similares sobre las API's utilizadas por las plataformas virtuales, así como el uso de servicios web que permitan el uso de un método estándar para la integración.

4.1. Proceso estandar

Por otro lado, se propone la investigación de trabajos relacionados donde se analice las soluciones para la integración de un sistema de gestión académica y Moodle y esto permita tener un proceso estándar y los lineamientos a seguir para integrar los sistemas antes mencionados con plataformas virtuales de Moodle.

Esto debido a que los procesos de gestión académica en las IES pueden variar a medida de sus necesidades y requerimientos, sin embargo, estandarizar una solución ayudará a las instituciones a seguir una ruta para la integración de sus sistemas con plataformas virtuales basadas en Moodle.

4.2. Ventajas y desventajas

En la Tabla I. se plantean las principales ventajas y desventajas para integración de Moodle con Sistema de Gestión Académica.

Criterio	Ventajas	Desventajas
Compatibilidad	Uso de servidores vinculados para múltiples motores de bases de datos.	Diferentes motores de bases de datos.
Implementación	Cada institución se adapta a sus procesos de inscripción académica.	Es necesario un estudio previo para determinar la solución.
Integración	Se integra en un proceso a través de la programación establecida en los procedimientos almacenados.	Si el servidor vinculado falla el proceso no se completa.

Tabla 1 – Ventajas y desventajas del caso de estudio.

5. Conclusiones

En el caso de estudio se soluciona un proceso muy importante que permite la integración a nivel de base de datos entre sistemas SIGE-EVA (Moodle) con la Universidad de Israel.

El proceso automatizado aporta a la gestión del EVA la cual se convierte de manera automática cuando un estudiante es matriculado en el SIGE y ahorra tiempo en este proceso administrativo.

Es necesaria una integración de los datos académicos entre los sistemas de gestión académica y las plataformas virtuales externas, esto permitirá tener los datos sincronizados y evitar los problemas asociados a una gestión manual del proceso de matriculación en cada plataforma.

Se propone realizar un futuro trabajo de investigación de varios casos exitosos de integración de Moodle y sistemas de gestión académica para determinar las mejores técnicas utilizadas en cada implementación.

Referencias

Acerca de Moodle - MoodleDocs. (s/f). Moodle.org. Recuperado el 12 de octubre de 2022, de https://docs.moodle.org/all/es/Acerca_de_Moodle

Baldeón, P., & Gaibor Y R, M. (2019). «Integrated Strategic Management System,» 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). 1–6.

Britto, J. A. (2016). Comparación de metodologías ágiles y procesos de desarrollo de software mediante un instrumento basado en CMMI". Sci. tech, 21(2).

Martínez de Lahidalga, I. R. (2008). Moodle, la plataforma para la enseñanza y organización escolar. Ikastorratza, 2, 3–12. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2908508

Díaz, F. J., Schiavoni, A., Osorio, M. A., Amadeo, A. P., & Charnelli, M. E. (s/f). Integración de plataformas virtuales de aprendizaje, redes sociales y sistemas académicos basados en Software. Org.ar. Recuperado el 12 de octubre de 2022, de https://41jaiio.sadio.org.ar/sites/default/files/5_SSI_2012.pdf

Fabre Cañizares, J. L., Atiaja Jiménez, D. A., & Villalba Espinosa, R. E. (2021). INTEGRACIÓN SIGE – EVA(Moodle). Quito.

LEY ORGANICA DE EDUCACION SUPERIOR, LOES. (s/f). Gob.ec. Recuperado el 23 de enero de 2023, de https://www.gob.ec/regulaciones/ley-organica-educacion-superior-loes

Momjian, B. (2004). PostgreSQL: Introduction and Concepts. Momjian.us. https://momjian.us/main/writings/pgsql/other/bookfigs.pdf

Moura, R., & Bernardino, J. (2011). Integration Moodle and academics systems. 6th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI 2011), 1–6.

Pesántez Avilés, F. (2012). Indicadores de gestión y calidad en la educación superior. Abya-Yala/UPS.

Preciado, W., Benítez, L. B., & Cuenca, M. E. (2019). Complementariedad del sistema de gestión de la calidad (SGC) de la educación superior ecuatoriana y el SGC ISO 9001". Espac.: cienc. tecnol. desarro.

Romero, O. (2016). «La gestión estratégica y su influencia institucional en los planes estratégicos de las universidades públicas del Ecuador.

TerryGLee. (s/f). Información general sobre Visual Studio. Microsoft.com. Recuperado el 12 de octubre de 2022, de https://docs.microsoft.com/es-es/visualstudio/get-started/visual-studio-ide?view=vs-2022

Tomalá, V., & Javier, J. (2020). Módulo de integración del sistema de información integral académico SIIA con la plataforma Moodle a través de la Apis y arquitectura orientada a servicios para optimización de aula virtual institucional".

Vallesta, W. L.-R. (2016, marzo 16). Ventajas y desventajas del uso de Moodle. plataforma-moodle. https://maestriabiurvwl.wixsite.com/plataforma-moodle/single-post/2014/01/19/elementos-clave-para-una-estrategia-exitosa

Weber, D. R. (2021). Modelo para integração de sistema de gestão acadêmica com ambiente virtual de aprendizagem moodle. https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/4646

WilliamDAssafMSFT. (s/f). Bases de datos. Microsoft.com. Recuperado el 12 de octubre de 2022, de https://docs.microsoft.com/es-es/sql/relational-databases/databases/databases?view=sql-server-ver15

Zivkovic, M. (2018, abril 16). Cómo crear y configurar un servidor enlazado en SQL Server Management Studio. SQL Shack - articles about database auditing, server performance, data recovery, and more; SQL Shack. https://www.sqlshack.com/es/como-crear-y-configurar-un-servidor-enlazado-en-sql-server-management-studio/

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

Recebido/Submission: 21/07/2022
Aceitação/Acceptance: 07/11/2022

Robot educativo tipo omnidireccional para el aprendizaje enfocado al campo de la electrónica y programación en la Unidad Educativa San Marino

Francisco Jurado[1], Edison Maldonado[2], Tannia Mayorga[3]

fjurado@uisrael.edu.ec; edypool_@hotmail.com; tmayorga@uisrael.edu.ec.

[1] Universidad Tecnológica Israel, Francisco Pizarro E4-142 y Marieta de Veintimilla, 170522, Quito, Ecuador.

[2] Universidad Tecnológica Israel, Francisco Pizarro E4-142 y Marieta de Veintimilla, 170522, Quito, Ecuador.

[3] Universidad Tecnológica Israel, Francisco Pizarro E4-142 y Marieta de Veintimilla, 170522, Quito, Ecuador.

Pages: 86-99

Resumen: El presente proyecto presenta el desarrollo de un prototipo robótico tipo omnidireccional para ser utilizado como una herramienta de apoyo al aprendizaje en el campo de la electrónica y la programación en la Unidad Educativa San Marino, el prototipo robótico omnidireccional propuesto busca ser empleado como un elemento que sirva para la aplicación de un nuevo procedimiento de enseñanza empleando herramientas tecnológicas y dispositivos electrónicos al igual que el uso de lenguajes de programación como Arduino y mBlock, dado que, el campo de la enseñanza es tan amplio, se consideró el desarrollo del robot para ser programado con diversas instrucciones y ejecutar varias tareas, de acuerdo con las indicaciones proporcionadas por el profesor, permitiendo a los jóvenes de entre catorce y dieciocho años pertenecientes a esta institución educativa crear, investigar, explorar, descubrir y vivenciar esta clase de proyectos como parte de su formación.

Palabras-clave: robot; tecnología; educación; omnidireccional; jóvenes.

Educational robotic omnidirectional type for learning focused on the field of electronics and programming in the San Marino Educational Unit

Abstract: This project presents the development of an omnidirectional robot prototype to use as a learning support tool in the electronics and programming fields at the San Marino Educational Unit. The proposed omnidirectional robot prototype seeks to use as an element that serves for the application of a new teaching procedure using technological tools and electronic devices as well as the use of programming languages such as Arduino and mBlock, since the field of teaching is so broad, this robot can be programmed with different instructions, and perform

various tasks, according to the instructions provided by the teacher, allowing young people between fourteen and eighteen years old belonging to this educational institution create, investigate, explore, discover and experience this kind of projects as part of their formation..

Keywords: robot, technology, education, omnidirectional, young.

1. Introducción

La enseñanza en las condiciones actuales ha generado una problemática en el ámbito educativo limitando el aprendizaje y obligando a las instituciones a implementar nuevas herramientas de trabajo digitales y tecnológicas que refuercen lo aprendido en clases.

La creación y desarrollo de un prototipo robótico tipo omnidireccional en la Unidad Educativa San Marino contribuirá a que los estudiantes aprendan de forma gradual y dinámica conceptos básicos de programación en programas como: ARDUINO el cual incluye herramientas como el compilador, editor de código, depurador, construcción de interfaz y el programa MBLOCK, que es un entorno gráfico de programación basado en el programa scratch 2.0, evidenciando que son plataformas que mantienen ambientes de programación diferentes, pero que sirven para introducirse en áreas como la electrónica y la programación de forma sencillas.

A lo largo del tiempo se han realizado varias investigaciones acerca de los diseños de prototipos robóticos, basados básicamente en la construcción y programación de robots en diversas comunidades educativas, con la finalidad de aplicar razonamiento lógico y pensamiento computacional para el aprendizaje como proyectos a través de diferentes lenguajes de programación (Cruz Herrera, 2020; Tubay Suárez, 2020; Yapurasi Quelcahuanca, 2019).

A continuación, se presentan algunos de los estudios realizados por varios autores los cuales se tomarán en consideración, debido a que, serán útiles para el desarrollo del prototipo robótico omnidireccional porque comprenden información post procesamiento.

Al respecto Roldan (2019) describe en su proyecto denominado EDUCABOT el cual consiste en un seguidor de línea empleado para la enseñanza de proyectos enfocado en jóvenes que cursan la secundaria, dicho prototipo robótico está compuesto por dos sensores en cada una de sus llantas, estes dispositivos se los denomina como Encoders los cuales sirven para calcular distancia, además cuenta con una conexión empleando la tecnología bluetooth y se encuentra construido sobre una base de acrílico, posee dos ruedas posteriores de plástico y goma, además de una rueda libre en la parte delantera que permite los giros del robot.

Esta investigación sirve de base para el proyecto planteado y construcción de este, ya que, estará constituido por una base de plástico y cuatro ruedas omnidireccionales además de ser programado en Arduino.

A su vez, Bernal y Yépez (2014) en su trabajo de investigación exponen acerca de la información recopilada para el “Diseño y Fabricación de un Prototipo de Plataforma Móvil Omnidireccional para la Empresa SIMYM”, mencionan cómo se implementó un

robot omnidireccional, cuyo diseño se basa en un modelo mecatrónico de bajo costo y con materiales convencionales, este dispositivo permite transportar una carga máxima de 500 (kgf) con un sistema de movimiento y reducción de velocidad con el objetivo de aumentar el torque a las ruedas; además, se efectúa un algoritmo de control; y, se utiliza un dispositivo de mando para comandar el robot.

Está investigación sirve de apoyo para la realización del algoritmo de programación y a su vez para la elección de instrumentación electrónica: sensores, tarjeta de adquisición y tarjeta de control.

También está el trabajo de Aguirre y Moyano (2019) en este exponen los procedimientos para la implementación de un sistema Multirobot del tipo descentralizado el mismo que permite realizar un trabajo colaborativo junto con aplicaciones logísticas, del tipo flexibles y escalables, esto permite la creación de una red descentralizada que se encuentra conformada por tres robots omnidireccionales, donde se realizó la programación de un algoritmo de red colaborativa con el propósito de que se pueda leer la información del número de robots existentes en la red.

El prototipo robótico omnidireccional será desarrollado para la aplicación de nuevos procedimientos tecnológicos y electrónicos programables en lenguajes de programación Arduino y mBlock, dado que, el ámbito de la robótica es tan amplio, es fácil realizar un robot con un conjunto de mecanismos para cumplir varias tareas, de acuerdo con las necesidades de cada institución, dando la oportunidad a jóvenes de catorce a dieciocho años a crear, investigar, explorar, descubrir y vivenciar proyectos (Cufi et al., 2019; Norambuena Sepúlveda, 2020; Vallejos Echeverría, 2020).

En la Unidad Educativa San Marino como parte de sus procesos de enseñanza y aprendizaje considero el incorporar la Robótica Pedagógica o Educativa la cual tiene como fin el buscar despertar el deseo de los estudiantes por interactuar con un robot para favorecer los procesos cognitivos, de esta manera se pretende estimular el interés por las ciencias duras al mismo tiempo hacer que el niño logre una organización en grupo, discusiones que permitan desarrollar habilidades sociales, respetar cada uno su turno para exponer y aprender a trabajar en equipo (Arango-Serna et al., 2020).

Estos resultados ya han sido expuestos en algunos trabajos como el de Angarita et al. (2021) que presentaron una propuesta para la Institución Universitaria Pascual Bravo, que propone crear un club enfocado en los más niños, hacia el aprendizaje de software específico para el logro de pensamiento computacional, destacando que el uso de robótica educativa para la adquisición de competencias y el desarrollo de pensamiento computacional, lo que evidenciaron en el lenguaje utilizado por los niños y el desarrollo propio del proyecto, con lo cual afirman que se lograron desarrollar diversas competencias.

También resalta el trabajo de Vargas et al. (2019) cuya investigación tuvo como objetivo fundamental desarrollar un nuevo entorno interactivo y sostenible de aprendizaje, de la robótica para niños(as) en la educación básica y media en el estado Zulia en Venezuela, dentro de los resultados que presentan destaca que el desarrollo cognitivo en los pequeños en lo referente al uso de nuevas metodologías para el aprendizaje de manera interactiva sobre la robótica, electrónica, como, la mecánica se pueden consolidar a través de video juegos, prototipos a ensamblar por los niños y desde luego, un producto

audiovisual para su noción, esto permite la generación de nuevos enfoques de liderazgo, perseverancia, creatividad y habilidades en los infantes.

2. Metodología

Para el desarrollo de este proyecto de investigación, en un inicio en lo referente a la definición de los parámetros de construcción del dispositivo, se empleó un enfoque proyectivo, el cual empezó con la revisión sistemática de documentación relacionada a este tipo de robots omnidireccionales para de esta forma definir la forma de construcción del dispositivo final.

Para ello se planteó la estrategia de búsqueda de información de documentos publicados en bases de datos en línea como "ScienceDirect", "Scielo" y Google Académico, junto a criterios de inclusión y exclusión, como criterio de inclusión se seleccionaron destacaron los artículos relacionados a los robots omnidireccionales y sus aplicaciones, mientras que el principal criterio de exclusión fue en la documentación referente a robots que no se sean del tipo omnidireccional.

Así también fue un estudio aplicado, para lo cual se puso a prueba el dispositivo final con el objetivo de poder validar el funcionamiento general de este en base a las características de diseño propuestas, las actividades planificadas para el desarrollo de la investigación, emplean una metodología de seis etapas, en la primera, se definirán las especificaciones del dispositivo; en la segunda, se establecerán los esquemas generales del hardware; en la tercera, se realizará la adaptación entre el hardware y el software; en la cuarta, se elaborarán los ordinogramas modulares y se codificará el programa; en la quinta, se llevará a cabo la implementación del hardware con el software, por último, en sexto lugar se construirán los dispositivos definitivos y se realizarán las pruebas finales.

2.1. Propuesta

El prototipo robótico omnidireccional educativo cuyo fin es el uso en la unidad educativa San Marino consiste en un robot que permitirá llevar a cabo procesos de enseñanza significativo a través de actividades de programación utilizando programas como Arduino y mblock, a su vez esta herramienta será parte de la malla curricular en la materia de proyectos, cuyo enfoque es para el uso de estudiantes de catorce a dieciocho años; las cinco actividades que se desarrollarán en la guía integrarán paso a paso las prácticas de programación en Arduino y mBlock, además del diseño del prototipo que será en una base MDF con cuatro ruedas omnidireccionales y dispositivos electrónicos como:

- Encoders, que son los elementos que permiten que las ruedas giren en forma diagonal Avance a la izquierda de 0,8 cm. y texto pendiente de 0,5 cm.
- Tarjeta Arduino, en la cual se almacenarán los programas para controlar diferentes acciones.
- Bluetooth, se utilizará para realizar una conexión inalámbrica y que el prototipo robótico realice acciones a través de una aplicación.
- Sensores, se utilizarán para evadir obstáculos.
- Fotoceldas, se utilizarán para detectar la luz y que el robot haga una acción.

Con la implementación de este prototipo se pretende aportar una herramienta de apoyo para que los estudiantes aprendan programación desde lo más básico y de forma gráfica, los costos que se invertirán en este sistema involucran un diseño, construcción y elaboración de cinco prototipos robóticos.

2.2. Diseño

El robot móvil omnidireccional está compuesto por algunos componentes que se pueden agrupar en varios sistemas conocidos como el sistema mecánico, el sistema de actuación, el sistema de sensado o sensorial y el sistema de control, como se muestra en el diagrama de la Figura 1.

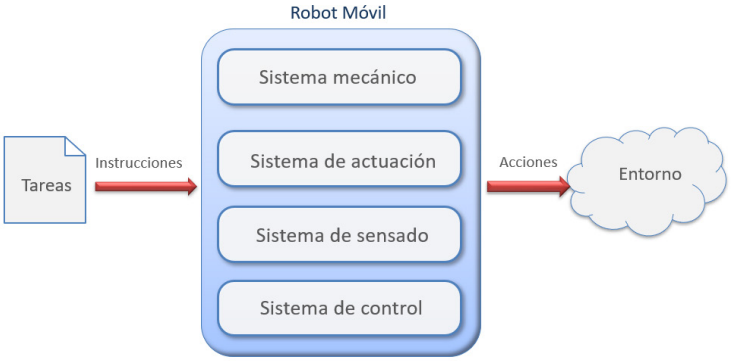


Figura 1 – Sistemas que conforman el robot

En lo referente a la parte estructural de cada robot se definieron los siguientes elementos, el Chasis, esta es la parte estructural que servirá de soporte para el motor y elementos electrónicos, es el armazón del prototipo, para el diseño de la carcasa la cual corresponde a la estructura que aloja a todos los componentes y brinda el soporte mecánico al robot, para el caso de los robots móviles a toda la estructura mecánica se la suele denominar chasis.

En lo referente al sistema de Actuación el cual es el encargado de generar el movimiento de las partes mecánicas del robot móvil según las órdenes dadas por la unidad de control (tarjeta Arduino Mega2560). Este sistema está conformado por cuatro motores DC de 12V los cuales tienen incorporado un sistema de reducción, dos módulos L298N, cuatro ruedas omnidireccionales suecas, un servomotor SG-90 y el sistema de alimentación que corresponde a una batería de Lipo de 11.1 V a 2600 mA.

En el caso de los motores DC las cajas reductoras se encuentran incorporadas en las ruedas lo que permite adaptar la velocidad de la salida del eje del motor a valores adecuados para el movimiento del robot en donde se requieren bajas velocidades y altos torques.

En cuanto al sistema de sensado, este permite al robot tener conocimiento tanto de su propio estado como del estado de su entorno a partir de distintas señales útiles dadas

por los sensores, con el propósito de conseguir que el robot móvil realice su tarea con la adecuada precisión, velocidad e inteligencia. Este sistema está compuesto por cinco sensores ultrasónicos HC-SR04, cuatro fotorresistencias LDRs, un sensor de temperatura LM35 ubicado en el interior del chasis, cuatro encoders infrarrojos FC-03 con su respectivo optointerruptor y disco con ranuras cada uno.

También se encuentra el sistema de control, este permite que el dispositivo electrónico computacional que realiza los cálculos para que el robot desarrolle las tareas para las que fue diseñado. El recibe información de los programas base, así como de sistemas de enseñanza, los cuales le permiten mejorar su desempeño. El controlador recibe las señales provenientes del sistema sensorial (sensores), las interpreta y posteriormente decide qué acciones se deben de realizar sobre el sistema de actuación enviando una o varias señales de control. En el robot móvil omnidireccional las funciones del controlador están a cargo de la tarjeta Arduino Mega2560.

Además de los cuatro sistemas mencionados al robot móvil omnidireccional se le incorporaron varios elementos visibles y audibles que permiten la interacción con las diferentes aplicaciones que se pueden implementar sobre el robot. Estos elementos corresponden a cuatro Leds luminosos ubicados en la parte delantera y posterior del chasis y un buzzer (zumbador o chicharra) localizado internamente en la estructura.

En la Figura 2 se muestra el esquema de las conexiones eléctricas y electrónicas desarrolladas en Proteus de todos los elementos que se utilizaron para la construcción del robot móvil omnidireccional de cuatro ruedas, en donde el controlador viene representado por la tarjeta Arduino Mega2560.

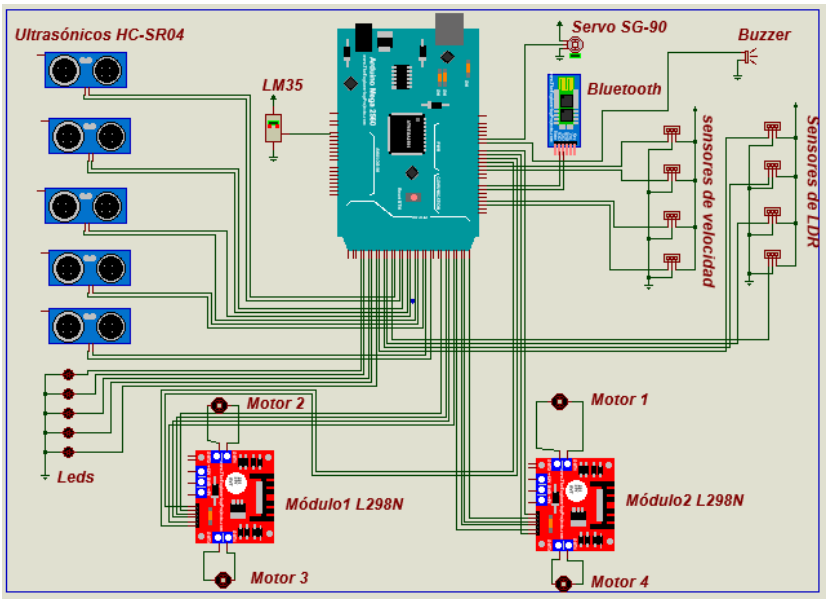


Figura 2 – Esquema de conexiones del robot

Con base en los esquemas de diseño en la Tabla 1, se presentan los diferentes componentes empleados para la construcción del robot móvil y la característica que aporta cada uno al funcionamiento del prototipo desarrollado.

Componente	Cantidad	Características
Tarjeta Arduino	1	Es el controlador del robot
Motores DC	4	Motores DC de 12V con caja reductora, permiten dar movimiento al robot
Controlador L298N	2	Permiten configurar la velocidad y el sentido de giro de los motores, así como la potencia
Encoders Infrarrojos FC-03	4	Permiten determinar el ángulo de giro y la velocidad de los ejes de los motores
Ruedas suecas	4	Dispuestas en configuración: ruedas delanteras RL y ruedas traseras LR
Servomotor SG-90	1	Sirve de soporte y para poder ejecutar giros de 0° a 180° de un sensor ultrasónico
Sensores Ultrasónicos HC-SR04	5	Permiten determinar la distancia de un objeto en un rango de 2 a 450 cm.
Sensor de Temperatura LM35	1	Permite determinar la temperatura interna del robot
Fotoresistencia LDR	4	Permiten determinar la cantidad de luz que incide sobre ellas.
Módulo Bluetooth HC-05	1	Permite conectar nuestros proyectos con el robot a un Smartphone, celular o PC de forma inalámbrica (Bluetooth), con la facilidad de operación de un puerto serial.
Buzzer activo (zumbador)	1	Dispositivo sonoro para usos múltiples
Diodos Leds	4	Dispositivos lumínicos para usos múltiples.
Switch Negro	1	Periférico de entrada que sirve para alimentar los componentes electrónicos del robot.
Batería de Lipo 11.1 V	2	Corresponde a la fuente de alimentación del robot.
Cargador 18650	1	Cargador rápido portátil para baterías 18650, con salida de 3.7V / 450Ma
Chasis	1	Es la estructura que da soporte a todos los elementos que conforman el robot.

Tabla 1 – Componentes del Robot Móvil

El dispositivo final desarrollado en base a los elementos descritos se lo presenta en la Figura 3.

La función de locomoción Omnidireccional emplea ruedas mecanum, a través de la combinación de las 4 ruedas que posee el robot en su plataforma omnidireccional se pueden realizar 81 movimientos, pero no todos estos movimientos pueden tomarse en cuenta, debido a la existencia de diferentes factores como: irregularidades en los deslizamientos, desalineamiento de las ruedas y motores que interfieren en la ejecución

de dichos movimientos (Acosta Cajas & Clavón Enriquez, 2020; Martínez et al., 2003; Ortega Noroña & Yapo Pillajo, 2017; Rodríguez, 2020).

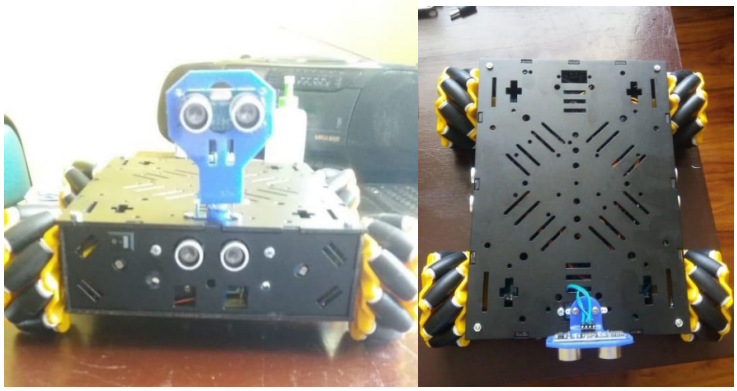


Figura 3 – Robot omnidireccional implementado

2.3. Aspectos técnicos del dispositivo

Entre los aspectos técnicos que caracterizan al prototipo desarrollado se encuentra el presentado en la Figura 4 donde se observan los principales movimientos realizados por las 4 ruedas del robot.

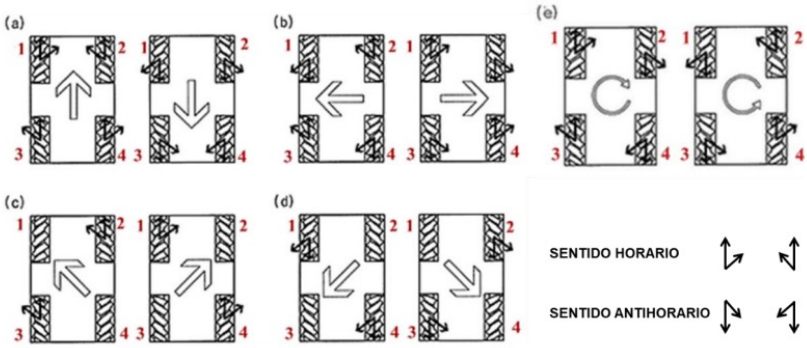


Figura 4 – Descripción de los movimientos que realiza el robot

Para determinar la cinemática del robot fue necesario realizar un estudio y análisis previo, dado que se debe configurar al robot para que funcione en un determinado espacio de trabajo para relacionarlo con sus dimensiones y forma planteados (Ortega Noroña & Yapo Pillajo, 2017), estas características del movimiento se las presenta en la Figura 5.

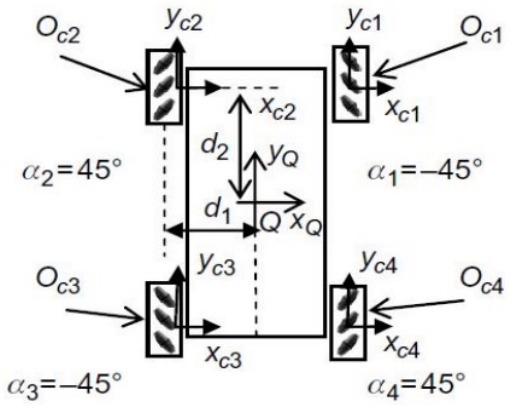


Figura 5 – Movimiento cinemático omnidireccional

También es indispensable realizar una conversión de velocidades para determinar la velocidad angular de cada una de las ruedas, ya que, las velocidades de la plataforma omnidireccional están relacionadas con las velocidades de cada eje del sistema para lo cual es necesario emplear las ecuaciones relacionadas con la matriz presentada en la Figura 6.

$$\begin{bmatrix} W_{d1} \\ W_{d2} \\ W_{d3} \\ W_{d4} \end{bmatrix} = \frac{1}{R} \begin{bmatrix} 1 & -1 & -(a+b) \\ 1 & 1 & (a+b) \\ 1 & 1 & -(a+b) \\ 1 & -1 & (a+b) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_f \\ v_l \\ \omega \end{bmatrix}$$

Figura 6 – Matriz de conversión de velocidades basado en el trabajo de Martínez et al. (2003)

Para el control de la locomoción del prototipo, se realizaron los cálculos para que el robot desarrolle las tareas para las que fue diseñado, este recibe información de los programas base, así como de sistemas de enseñanza, los cuales le permiten mejorar su desempeño.

El controlador recibe las señales provenientes del sistema sensorial (sensores), las interpreta y posteriormente decide qué acciones se deben de realizar sobre el sistema de actuación enviando una o varias señales de control, en el robot móvil omnidireccional las funciones del controlador están a cargo de la tarjeta Arduino Mega2560.

3. Resultados

La implementación del prototipo robótico tipo omnidireccional se realizó en la Unidad Educativa San Marino, con la ayuda de 5 prácticas que fueron desarrolladas para la

manipulación del robot por los estudiantes de bachillerato en la materia de proyectos (Figura 7).

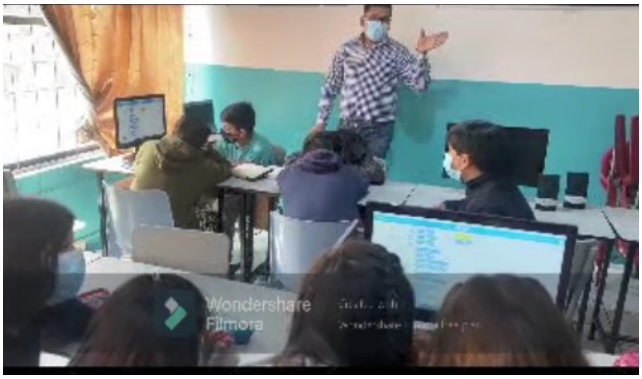


Figura 7 – Desarrollo de las prácticas por los estudiantes.

3.1. Pruebas de funcionamiento del robot

Se realizaron pruebas en el hardware electrónico de una manera detallada, con el fin de verificar que todas las piezas del robot funcionen de acuerdo con los requerimientos locales específicos, los criterios para las pruebas son: elementos electrónicos, para lo cual se utilizó un multímetro estos valores obtenidos se los presenta en la Tabla 2.

Dispositivos	1-40 %	41-79 %	80-100 %
Sensor ultrasónico (5)			X
Fotoceldas (4)			X
Diodos (4)			X

Tabla 2 – Porcentaje de funci9namiento de los dispositivos electrónicos

La tarjeta de control está constituida por diferentes elementos que pueden afectar el rendimiento de dicha tarjeta, es por ello por lo que se consideró el voltaje como criterio para evaluar su buen funcionamiento.

También se realizó pruebas de conectividad para el control del dispositivo de forma inalámbrica, en esta prueba lo que se pretende es tener una mayor radio cobertura, el dispositivo que se utilizó para la comunicación inalámbrica es un bluetooth que es un módulo emisor receptor para envío y recepción de información, la distancia que se alcanzó fue de 10 m, estos resultados se los presenta en la Tabla 3.

Se realizaron pruebas en el hardware mecánico de una manera detallada, con el fin de verificar que todas las piezas del robot funcionen de acuerdo con los requerimientos locales específicos, los criterios para las pruebas son: motores y llantas omnidireccionales como se muestra en la Tabla 4.

Distancia conexión inalámbrica Módulo Bluetooth HC-05	Regular	Bueno	Excelente
2 mts			X
5 mts			X
10 mts		x	

Tabla 3 – Pruebas de mando a distancia del dispositivo

Dispositivos	1-40 %	41-79 %	80-100 %
Motor (4)			X
Llantas omnidireccionales (4)			X

Tabla 4 – Pruebas de funcionamiento de la mecánica del robot

3.2. Análisis de Resultados

Para evaluar el prototipo en el ambiente para el que fue desarrollado se utilizó una muestra de 40 estudiantes, a los cuales se les realizó una evaluación sobre el conocimiento en los temas tecnológicos y robóticos la cual fue supervisada por el personal de la Unidad Educativa, estos resultados se los puede evidenciar en la Figura 8.

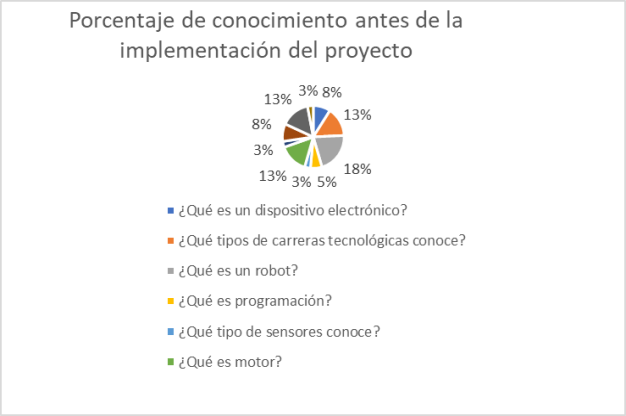


Figura 8 – Resultados de la evaluación previo al uso del dispositivo

Luego se volvió a realizar esta evaluación luego de tenar ya implementados los prototipos y de que los estudiantes los utilizaran, los resultados fueron reveladores debido a los porcentajes obtenidos, esto se lo puede evidenciar en la Figura 9.

En este sentido la robótica es evidente que se ha convertido en uno de los ámbitos tecnológicos más importantes en la actualidad, es por ello, que se planteó la idea de

desarrollar un prototipo robótico que sirviera de ayuda y mejora en el ámbito educativo, debido a que en los últimos tiempos el desarrollo educativo ha decaído significativamente, este proyecto se realizó con un enfoque innovador y gracias a ello tuvo grandes beneficios en la institución en la que se implementó.

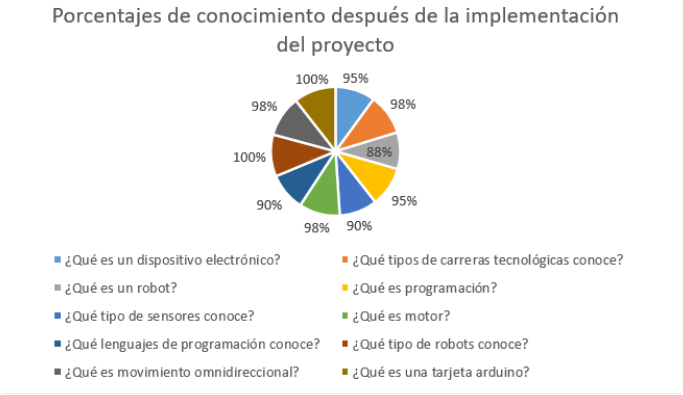


Figura 9 – Resultados de la evaluación después del uso del dispositivo

Por lo que es importante mencionar que los aspectos técnicos del producto puesto que sirvieron para las pruebas posteriores, la locomoción del prototipo se da a través de 4 ruedas en su plataforma omnidireccional; la cinemática del robot está basado en sus características y estructura; la matriz de transformación de velocidades, como su nombre lo dice se calculó la velocidad angular de cada llanta y sus respectivas conversiones a través de una matriz, el control del prototipo es de dos formas manual y por medio de una interfaz gráfica.

Las pruebas de funcionamiento del robot fueron: Hardware, tarjeta de control, comunicaciones a distancia y de movimiento, dichas evaluaciones arrojaron resultados favorecedores, con la ayuda de las prácticas realizadas los estudiantes evidenciaron el funcionamiento y utilización del prototipo

4. Conclusiones

En este trabajo se desarrolló un prototipo robótico educativo tipo omnidireccional para el aprendizaje enfocado al campo de la electrónica y programación en la Unidad Educativa San Marino. Lo más importante de la creación de este robot educativo fue el aprendizaje significativo en los estudiantes de la institución, cabe aclarar que debido a la fácil adquisición de las herramientas mecánicas y electrónicas no fue difícil la construcción del prototipo, pero se llevó más tiempo en la correcta locomoción y el control de dicho robot.

Además, se elaboró una guía con cinco actividades para la enseñanza de programación básica de Arduino y mBlock, lo esencial fue descubrir las habilidades que los estudiantes

desarrollan gracias a la programación, dado que, se utilizan ambientes gráficos en bloques para su fácil aprendizaje.

Para la construcción de un prototipo robótico con desplazamiento omnidireccional tipo vehículo de 4 ruedas se realizó el diseño de la carcasa y chasis que sea el soporte del robot, asimismo se validó el funcionamiento del prototipo mediante pruebas para el movimiento de las partes mecánicas del robot móvil según las órdenes dadas por la unidad de control.

Establecer de forma específica el trabajo que realizará el prototipo robótico; ya que, es la base para el diseño y construcción de la plataforma omnidireccional, siendo está el soporte para el movimiento del prototipo y permita cumplir de forma precisa las órdenes del robot.

Después de la implementación del prototipo robótico omnidireccional en la Unidad Educativa San Marino, se puede sugerir que la innovación educativa debe ir de la mano de la tecnología para despertar la creatividad e ingenio, de igual forma promover carreras técnicas y de futuro.

Referencias

Acosta Cajas, C. D., & Clavón Enriquez, J. P. (2020). Diseño y construcción de un prototipo de vehículo explorador terrestre controlado inalámbricamente.

Aguirre, B., & Moyano, C. (2019). Diseño e implementación de un sistema multirobot descentralizado para realizar trabajo colaborativo con aplicaciones logísticas, flexibles y escalables. Sangolquí.

Angarita, M. G., Deco, C., Bender, C., & Collazos, C. A. (2021). Una Propuesta para el Desarrollo de Pensamiento Computacional en Niños y Jóvenes. Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología, 30, e2-e2.

Arango-Serna, M. D., Branch-Bedoya, J. W., & Jiménez-Builes, J. A. (2020). Apropiación social de la ciencia y la tecnología a través de una iniciativa de intervención e inclusión educativa de niños y adolescentes de territorios vulnerables de la minería usando la robótica, como una alternativa para la construcción de la paz. El Ágora USB, 20(1), 190-209.

Bernal, D., & Yépez, J. (2014). Diseño y fabricación de un prototipo de plataforma móvil omnidireccional para la empresa SIMYM - Servicios Industriales Mecánicos y Mecatrónicos [Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/9525/T-ESPE-048229.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cruz Herrera, P. J. (2020). Diseño e implementación de un robot educativo desarmable de bajo costo basado en un bloque programable. [PhD Thesis]. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de ....

Cufi, X., Freixenet, J., Muntaner, E., Figueras, A., Marti, R., & Renart, A. (2019). Talleres de robótica submarina para atraer a estudiantes jóvenes hacia la ciencia y la ingeniería: Construir y pilotar un ROV. Dos ediciones especiales en la India.

Martínez, V. M., Gil-Gómez, G., & Cerezo, A. G. (2003). MODELADO CINEMATICO Y DINAMICO DE UN ROBOT MÓVIL OMNI-DIRECCIONAL. Malaga, 9.

Norambuena Sepúlveda, E. (2020). Kiri: Peluche robótico de compañía para adultos jóvenes en Chile.

Ortega Noroña, J. F., & Yapo Pillajo, L. M. (2017). Construcción de un Robot Móvil Híbrido Omnidireccional [B.S. thesis].

Rodríguez, J. (2020). TRABAJO DE TITULACIÓN [Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. ttp://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/24343/1/T-ESPEL-MEC-0205.pdf

Roldán Gómez, C. I. (2019). Educabot: Vehículo omnidireccional para la enseñanza de geometría para niños de educación preescolar.

Tubay Suárez, C. F. (2020). Prototipo de montacargas robótico educativo desarmable de bajo costo basado en un bloque programable. [PhD Thesis]. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de ....

Vallejos Echeverría, L. F. (2020). Sistematización de una experiencia de desarrollo de competencias para la vida en jóvenes en condición de vulnerabilidad, mediante el uso de la tecnología robótica [Master's Thesis]. Quito, EC: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.

Vargas, H., Rosillón-Olivares, K., Garcia, K., Arrieta, M., Tancredi, A., Bravo, S., Toro, E., Ordoñez, B., Núñez, G., & Urdaneta, E. (2019). Robótica educativa: Un nuevo entorno interactivo y sostenible de aprendizaje en la educación básica. Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0, 7(1), 51-64.

Yapurasi Quelcahuanca, H. Y. (2019). Robótica Educativa para el desarrollo del Pensamiento Computacional de los estudiantes de la Institución Educativa Ernesto de Olazaval Llosa: Diseño, Construcción y Validación de un Sistema de Monitoreo de Aves.

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

Recebido/Submission: 04/07/2022
Aceitação/Acceptance: 08/11/2022

Revisión de literatura sobre impacto de la inteligencia artificial y su aplicación en el Ecuador

Juan Francisco Pabon[1], Miguel Aizaga[1], Henry Recalde[1], Renato M. Toasa[1]

jfpabon@uisrael.edu.ec; maizaga@uisrael.edu.ec; hrecalde@uisrael.edu.ec; rtoasa@uisrael.edu.ec

[1] Universidad Tecnológica Israel, Quito 170516, Ecuador.

Pages: 100-113

Resumen: Desde mediados del siglo XX la Inteligencia Artificial (IA) hace posible que los sistemas de cómputo aprendan a partir de la experiencia y realicen tareas de forma similar a como las hacen los humanos. Hoy en día, se está incorporando naturalmente a la vida de las personas y a las operaciones de las empresas. El objetivo de este artículo es mostrar una panorámica de la IA en el mundo, analizando su crecimiento, su impacto en el PIB y en el empleo, además de presentar su uso en el Ecuador. El estudio es de tipo documental, con alcance descriptivo, y con enfoque mixto. La principal conclusión es que se estiman ingresos para el 2030 por hardware, software y servicios de IA de más de 500 mil millones de dólares. El mayor impacto es en el PIB de China y USA con 26% y 14 % respectivamente. Los sectores de mayor repercusión en el PIB por el uso de IA son bienes de consumo, servicios de alimentación y alojamiento con 9 % y otros servicios como salud, educación, comercial, etc. con un 12 %. En cuanto al empleo es más probable en trabajos con mayor esfuerzo físico o labores repetitivas que en trabajos con esfuerzo intelectual, creatividad o toma de decisiones. En el Ecuador, hay avances en el uso de la IA en los sectores de Atención médica, Transporte, Finanzas, Comercio y otros como seguridad o ciberseguridad.

Palabras-clave: Inteligencia artificial- PIB- Empleo- sectores de aplicación- Ecuador

Review on the impact of artificial intelligence and its application in Ecuador

Abstract: Since the mid-twentieth century, Artificial Intelligence (AI) has made it possible for computer systems to learn from experience and perform tasks in a similar way to humans. Today, it is naturally being incorporated into people's lives and into the operations of companies. The objective of this article is to show an overview of AI in the world, analyzing its growth, its impact on GDP and employment, as well as presenting its use in Ecuador. The study is of a documentary type, with a descriptive scope, and with a mixed approach. The main conclusion is that revenues are estimated for 2030 for hardware, software and AI services of more than 500 billion dollars. The biggest impact is on the GDP of China and the US with 26% and 14% respectively. The sectors with the greatest impact on GDP

due to the use of AI are consumer goods, food and accommodation services with 9% and other services such as health, education, commercial, etc. with 12%. As for employment, it is more likely in jobs with greater physical effort or repetitive work than in jobs with intellectual effort, creativity or decision making. In Ecuador, there are advances in the use of AI in the sectors of Healthcare, Transport, Finance, Commerce and others such as security or cybersecurity.

Keywords: *Artificial Intelligence- GDP- Employment- Application Sectors- Ecuador*

1. Introducción

1.1. Motivación

La llegada de la cuarta revolución industrial, que integra sistemas inteligentes con las organizaciones y las personas, trae cambios en diversos sectores, ha conllevado a una renovación de la sociedad, que le ha proporcionado una serie de nuevos elementos entre ellos los dispositivos, tecnología de la información, Inteligencia artificial, robótica, análisis de datos masivos (BigData), tecnologías que han provocado un impacto en gobiernos, empresas productivas y sociedad en general (González et al., 2021).

De allí la importancia de analizar la implementación de tecnologías 4.0 que no es más que el aprendizaje automatizado y el manejo volúmenes de datos con la función de utilizarlos en un entorno sistemático perfectamente interconectado. La inteligencia artificial (IA) tiene como objetivo automatizar procesos a cualquier escala, en cualquier sector, en función de aliviar los procesos que son manuales y permitir que la tecnología realice los procesos repetitivos, ya que la IA permite realizar cientos de cálculos o tareas que el humano puede hacer, entre estas tareas están: analítica de datos, procesamiento de imágenes, procesamiento del lenguaje visión artificial, entre otras.

Para comenzar a definir que es la Inteligencia artificial, el concepto más básico y primitivos conceptualizar la inteligencia en los seres humanos, que Salazar-Ceballos, (2018) define como; "Capacidad de entender o comprender, capacidad de resolver problemas, Conocimiento, comprensión, Acto de entender". Y a la inteligencia artificial la considera como "Disciplina científica que se ocupa de crear programas informáticos que ejecuten operaciones comparables a las que se realiza la mente humana, como el aprendizaje o razonamiento lógico". Existen un sinnúmero de autores que definen a la inteligencia artificial como una "habilidad de los ordenadores para hacer actividades que normalmente requiere inteligencia humana", afirma Rouhiainen, (2018), para lograr una definición más detallada sobre la IA, se puede señalar que es la capacidad que las máquinas tienen para usar los algoritmos que permiten que aprendan de los datos y a utilizar lo aprendido para la toma de decisiones, tal como lo hacen los seres humanos.

La inteligencia artificial ha existido desde 1956, gracias al informático John McCarthy con la ayuda de Marvin Minsky y Claude Shannon. La IA ha tenido hitos importantes, en sus inicios se puede destacar la victoria de Deep Blue, (concebido por IBM) frente al campeón mundial Gary Kaspárov en el campeonato de ajedrez en el año de 1996, la victoria de AlphaGo (creado porMountain View) ante el campeón mundial de GO lee Sedol en el 2016. Damis Hassabis, el fundador de la sociedad de DeepMind afirmó "querer destilar inteligencia en una construcción algorítmica a fin de comprender mejor

el funcionamiento de nuestra mente" (Sadin, 2019), ya que crece de manera exponencial con un poder de cálculo y de perfeccionamiento continuo en la ciencia algorítmica. En la evolución de la IA se puede citar a Dúplex de Google, el cual es un programa informático que tiene la cualidad del lenguaje natural, similar al humano, este sistema realiza una conversación con voz humana, mientras realiza procesos y tareas que son solicitadas por el usuario, como lo haría un chatbot. Google ha liberado guías para generar interfaces de programación para realizar diferentes apps de IA.

Es así que cabe la pregunta de si el factor humano en las empresas será relegado por la IA, esto ya ha ocurrido en la historia reciente de la humanidad. En el siglo XVIII, con la evolución de la energía de vapor y la mecanización de la producción, se aumentó ocho veces el volumen productivo. En el siglo XIX, la segunda revolución industrial con la invención de la electricidad y la producción en línea de ensamblaje, aceleró el crecimiento en masa de la producción automotriz, la tercera revolución que es simplemente la automatización parcial, usando controles con memorias programables y computadoras, permitieron el avance tecnológico y automatización de procesos de producción (Wirtz et al., 2018). Actualmente se está ya viviendo la cuarta revolución industrial, que es el cambio de paradigma, ya que esta se caracteriza por aplicaciones tecnológicas de la información y la comunicación en la era industrial, cambio que se conoce como industria 4.0.

En cada revolución industrial se ha visto la reducción de trabajadores en las empresas, sin embargo, ha llevado al ser humano a ser más creativo, a aprender a trabajar en solucionar los desperfectos de las máquinas, otras evolucionan para ser desarrolladores de esta tecnología y otras simplemente destacan en diferentes ámbitos en armonía con la nueva modernización, lo que significa que todos los cambios son para mejorar la vida cotidiana del ser humano y que las máquinas no podrán remplazarlo.

1.2. Estado del arte

La IA se ha convertido en una herramienta tecnológica, la cual permite avanzar de manera exponencial en diferentes campos, como: el área financiera, petróleos y minas, educación, etc. Los avances de la tecnología y de los nuevos paradigmas no deben ser limitantes, ya que las funciones de simular los procesos que son llevados de forma manual al contar con herramientas que soporten de manera fundamental el objetivo de la gestión empresarial, se traduce en la toma de decisiones adecuada, efectiva y oportuna.

En el artículo titulado La inteligencia Artificial en la gestión financiera empresarial por Del Carmen Sosa Sierra, (2019), se destaca la IA como soporte que debe estar en capacidad de manejar información cualitativa, y de ahí partir al diseño e implementación de los modelos estadísticos computacionales. En el campo de las decisiones empresariales, en especial el de finanzas, se pueden observar las transformaciones que van desde las finanzas tradicionales, las cuales se basan en el estudio fundamental descriptivo, contable e institucional, a las finanzas modernas que buscan explicar los fenómenos financieros e indicar el camino para la toma de decisiones financieras. La investigación más reciente en el campo de las finanzas es el estudio de los aspectos cualitativos, que se constituyen en el paradigma de la psicología financiera, el cual busca explicar el comportamiento de los inversionistas. Dentro del área de finanzas, una técnica de la IA es las redes neuronales que son las encargadas de resolver de forma eficiente los problemas.

La inteligencia artificial enfocada al área financiera permite la implementación de sistemas transaccionales flexibles e innovador para las empresas. También se refiere a los desarrollos de diversas técnicas adscriptas a los sistemas expertos que están basados en los sistemas de casos (case Based Reasoning), las técnicas automáticas de generación del conocimiento (knowledge Descovery in Database-KDD) sistemas basados en casos, los cuales permiten resolver los problemas a través de diversos métodos en función de obtener, en base a los problemas resueltos en el pasado mediante, la usabilidad de reglas de secuencia que son adecuadas en el caso de estudio (Del Carmen Sosa Sierra, 2019).

Asimismo, en el artículo denominado "La inteligencia Artificial al servicio de la eficacia energética en el Ecuador realizado" Solis-Mora & Gruezo-Valencia, (2022), se destaca que hoy en día, el uso constante de la IA se está extendiendo por sectores de la energía con el objetivo de mejorar la eficacia de la energía en sus diferentes campos, ya que éstos necesitan el mantenimiento predictivo, planificación y ajuste de oferta y demanda. Todas estas acciones se orientan en la gestión de la energía de forma eficiente, lo cual conduce al ahorro de energía, minimizando de manera paulatina el impacto ambiental, en este artículo se recalca además que no es posible hablar de un cambio si el éste no contempla la evolución del mundo digital. El hecho es que existen hoy en día un sinnúmero de procesos de transformación a gran escala en la industria eléctrica que requiere de otros servicios y tecnologías digitales que están coadyuvando en el incremento de fuentes de energía renovables, lo que permite minimizar el grado de emisiones de CO2 o de GEI.

Respecto a la utilización de la energía Padrón Hernández, (2015) afirma que está presente en la mayoría de las actividades que se desarrollan en los países que están teniendo ciertos desarrollos tanto económicos como tecnológicos, proyectándose para los próximos años un alto crecimiento de la tasa de consumo eléctrico en los países. En los últimos años con el fenómeno del cambio climático, producto de contaminantes y degradación ambiental, se han acelerado las iniciativas de mejorar y lograr una eficiente relación energética. Esto ha producido el interés por el uso de energías renovables, con tecnologías que permiten encaminarse hacia modelos de eficiencia energética, dentro de este grupo de tecnologías se incluye a la Inteligencia Artificial.

Por otro lado Sánchez Durán. (2020) indica que la demanda de electricidad es la base de nuevos algoritmos en la Inteligencia Artificial. Ya que la IA dentro del contexto energético puede promover la optimización de las operaciones y control de los sistemas de producción industrial de energía. Las herramientas y las nuevas técnicas computacionales que se basan en la Inteligencia Artificial se enfocan en la detección y diagnóstico de fallas en los diferentes procesos que pueda aplicarse. De esta manera, se puede ir mejorando de manera eficiente dentro del sector energético, siendo necesario conocer el valor de la demanda energética que está dividido en procesos asociados a la misma. (Sánchez, 2020) considera que el concepto de "Energy Forescating", es una de las herramientas especiales que tiene la importancia en el mundo ya que está basado en la recolección y tratamiento de datos, para realizar el pronóstico de energía.

Además, diversos países entre ellos el Ecuador desde hace años, han estado consolidando el marco institucional y regulatorio con el apoyo de diversas actividades orientadas a la eficiencia energética, y en este este propósito se están aplicando una gran diversidad de técnicas de Inteligencia Artificial, las cuales son empleadas en el contexto energético en

los sectores residenciales, comerciales e industriales. Estas técnicas permiten detectar fallas en los sistemas, controlar la demanda y el consumo de la energía.

Asimismo en el artículo Efectos de la Inteligencia artificial en las estrategias de marketing por Cuervo Sánchez, (2021), menciona que "En el siglo XXI, se ha visto un incremento de grandes redes de dispositivos que están conectados entre ellos y estos a su vez comparten información de forma automática sin la necesidad de la intervención de un humano, siendo esta una nueva tecnología que está en auge y creciendo de manera rápida, las personas comienzan a pensar en los cambios y formas que se verán afectadas para establecer estrategias de marketing". Ya que la participación de los consumidores tendrá un impacto positivo en la forma de adquirir nuevas imágenes cognitivas y afectivas con la intensión de compra, las cuales irán variando según la plataforma que utilicen para acceder a la información.

En este sentido la IA, va en aceleración en la frontera digital y tendrá un impacto que irá reduciendo la brecha entre los consumidores y la nueva tecnología. En los años próximos se experimentará un cambio de tecnología que permita ya el reconocimiento facial, la modulación inteligente de sonido, vehículos autónomos, también se podrá contar con la capacidad de un sistema que permita interactuar de manera correcta con los datos.

El uso de los nuevos algoritmos que están desarrollados para realizar tareas tal como los humanos, tendrán la capacidad de modelar formas activas de estilos de vida humana por medio de las funcionalidades personalizables, también aprenderán de manera eficiente y capturando de manera aproximada a la inteligencia humana, ya que contarán con datos para analizar y tomar decisiones. Viendo esto desde el punto del marketing, se tendrá la capacidad de satisfacer las necesidades y deseos del consumidor en algún determinado momento, las habilidades se verán disponibles en la IA, con el aprendizaje de automático y el aprendizaje profundo. Este comportamiento permitirá que se mejore las estrategias del marketing, mejorando las principales asperezas que tiene la oferta y la demanda del mercado (C. A. Cuervo Sánchez, 2021)

Cada vez más, se dispondrá de dispositivos que tendrán la capacidad de intercambiar información entre ellos, esto recaerá con grandes beneficios al sector industrial, donde existen diferentes áreas donde se involucre la IA como son casas inteligentes, vehículos autómatas. Y además la IA no se limita solamente a las tareas y labores computacionales y estadísticas, sino también a generar millones de predicciones de comportamiento al consumidor con base a su información diaria (Marín & Lindgreen, 2017).

El Objetivo general de este artículo es Analizar el desarrollo y uso de la Inteligencia Artificial a nivel mundial y nacional.

2. Metodología

El presente artículo se basa en una investigación documental, la cual se centra en comprender e interpretar las diferentes investigaciones escritas. "La investigación documental es detectar, obtener y consultar la biografía y otros materiales que parten de otros conocimientos y/o informaciones recogidas moderadamente de cualquier realidad, de manera selectiva, de modo que puedan ser útiles para los propósitos del estudio" (Hernández-Sampieri et al., 2018). En este tipo de investigación el autor tiene

la facultad de interpretar, leer y otorgar sentido a los documentos que están escritos. Por supuesto implica el almacenamiento y procesamiento de la información contenida en los documentos de primera instancia, en función de su presentación sistemática y coherente y con un peso suficiente de argumentos sobre los documentos científicos analizados.

En cuanto al enfoque de la investigación, se ha seleccionado el enfoque mixto. "los métodos de investigación mixta son la integración sistemática de los métodos cualitativo y cuantitativo en un solo estudio con el fin de obtener una fotografía más completa del fenómeno" (Hernández-Sampieri et al., 2018).

La investigación es de tipo descriptiva que trabaja sobre realidades de hechos, y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta. Para la investigación descriptiva, su preocupación primordial radica en descubrir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos. (Sabino, 2014). El investigador Utiliza criterios sistemáticos que permitan exponer la estructura o comportamiento del fenómeno estudiado.

En cuanto a las Técnicas e instrumentos para la recolección de la información, al tratarse de un estudio documental, se utiliza el Análisis de información electrónica (Ficha electrónica), ya que hoy la tecnología permite la consulta de libros en formatos digital y sobre todo artículos y revistas digitales, que puede proporcionar información importante, la cual se analiza y sintetiza correctamente. La investigación documental es un proceso que tiene como objetivo obtener información novedosa, partiendo de datos ya conocidos, es por esto que la investigación bibliográfica es tan importante y los procesos para obtener la información se encuentran interrelacionados.

Las principales fuentes secundarias de recolección de información son: Statista que es un portal estadístico internacional que cuenta con más de un millón de estadísticas, informes y dosieres sobre más de 170 industrias en 50 países. Lo cual permite tener un panorama mundial de diversas aristas del uso de la Inteligencia artificial (datos cuantitativos) Y además el Ministerio de telecomunicación y de la sociedad de la Información del Ecuador cuyo informe titulado Diagnóstico sobre la inteligencia artificial en el Ecuador, conforma un documento que permite entre otros aspectos, determinar lo sectores de aplicación de la Inteligencia Artificial en la actualidad y la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) que se está llevando a cabo en este campo (datos cualitativos)

El procesamiento de datos cuantitativos consiste adaptar algunos gráficos para presentar proyecciones y realizar su respectivo análisis y el de datos cualitativos consiste en hacer un cuadro de contenido que muestre las aplicaciones que tiene la inteligencia artificial en el Ecuador en la actualidad.

En cuanto a datos cuantitativos, además de mostrar cifras se establecerán las variaciones que estas puedan tener en los años presentados. Para determinar la tasa de variación promedio anual se utiliza la siguiente formula:

$$Tasa\ de\ variacion\ promedio = \sqrt[No\ de\ años]{\frac{Valor\ final}{Valor\ inicial}} - 1$$

3. Resultados preliminares

Se analizarán en principio datos a nivel mundial que se consideran de relevancia para tener una panorámica de proyección a mediano plazo de la inversión, el impacto en el PIB. Se observa en la Figura 1, que para el 2019 la inversión en el software y el hardware, totalizan más de 23 mil millones de dólares.

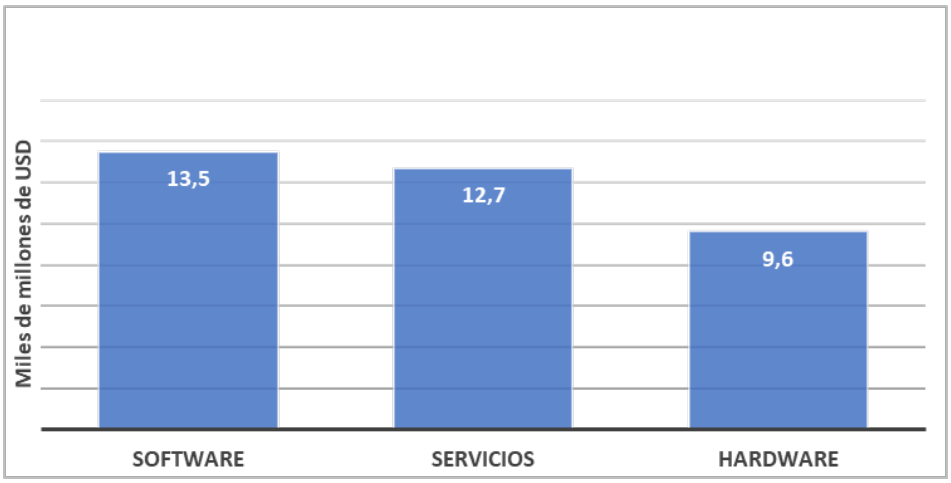


Figura 1 – Inversión en sistemas de inteligencia artificial en 2019

$$Tasa\ de\ variacion\ promedio = \sqrt[5]{\frac{234{,}6}{71{,}47}} - 1 = 0{,}26835$$

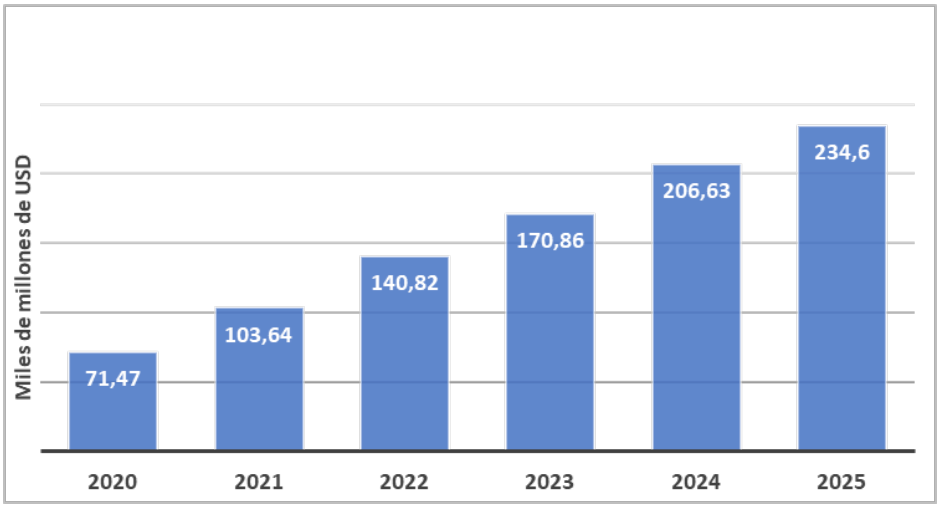


Figura 2 – Ingresos del segmento hardware de la I.A. a nivel mundial

En la Figura 2 se puede visualizar que para el año 2025 los ingresos proyectados son de 234, 6 mil millones de dólares o que representa un crecimiento del 328 %, o sea que es más del triple lo que se proyecta para los cinco años. Según estas cifras la tasa de variación promedio anual del mercado de hardware hasta el 2025, sería de 26,84 % (*Inteligencia Artificial (IA) - Datos Estadísticos | Statista*, n.d.)

Mientras que en la Figura 3 se puede apreciar que para el 2025 se estima un incremento aproximado de 525 %, lo que representa que el monto se quintuplica en esos cinco años. Esto implica que la tasa promedio anual de variación para el mercado de software a nivel mundial hasta el 2025 sería de 39,34 %

$$Tasa\ de\ variacion\ promedio = \sqrt[5]{\frac{118{,}61}{22{,}58,}} - 1 = 0{,}39341$$

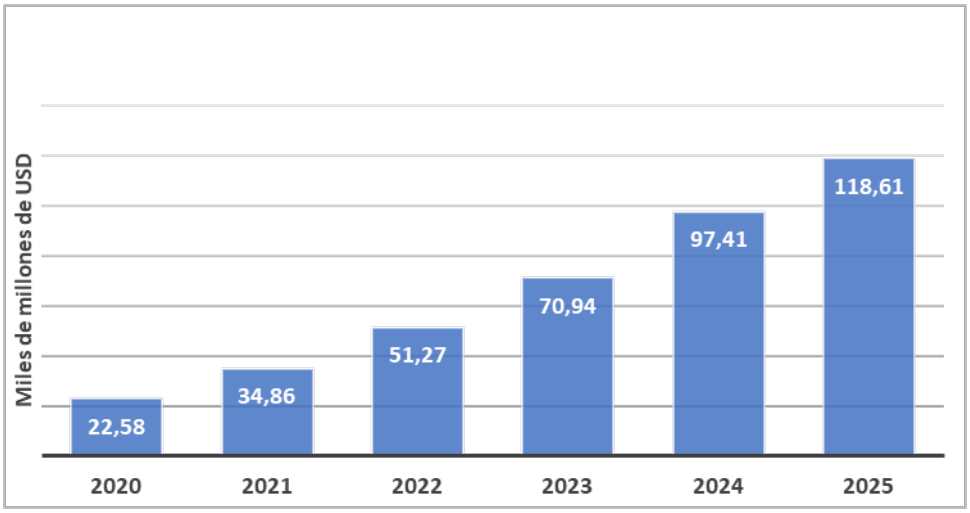


Figura 3 – Ingresos del segmento software de la I.A. a nivel mundial.

Por otro lado, en la Figura 4 de observa un mayor impacto de la inteligencia artificial en el Producto interno bruto para China. Para el año 2021 el PIB de China es de 14,16 billones de Euros, para USA el PIB es de 19,44 billones de euros y para Canadá es de 1,68. Para estas potencias de América del norte el PIB suma 21,12 billones (Rouhiainen, 2018). Acorde a las proyecciones para el 2030 China alcanzaría un PIB de 22,2 billones de dólares, con una contribución casi 6 billones por el uso de IA, y USA y Canadá alcanzarían 24,8 y 2,6 billones de dólares respectivamente, lo que representa casi 4 billones de contribución por el uso de IA (Proyecciones del PIB de las mayores economias del mundo al año 2030).

Se destaca en la Figura 5 que el impacto en el PIB en relación con mejoras en los productos es equivalente en los sectores de tecnología y telecomunicaciones, fabricación y construcción, transporte y logística, energía, servicios públicos y minería, servicios

financieros y profesionales, alcanzando un promedio de 6,5%, mientras que en el sector de bienes de consumo, alimentación y alojamiento es mayor logrando un 9 %, esto revela el impacto que tiene la IA en el turismo, dado que los rubros de servicios de comida y hoteles, son altamente demandados en la actividad turística y el mayor impacto que asciende al 12 % del PIB acumula otros servicios públicos y privados, en este rubro se puede incorporar los servicios comerciales, administrativos, publicitarios, de salud, de educación, etc.

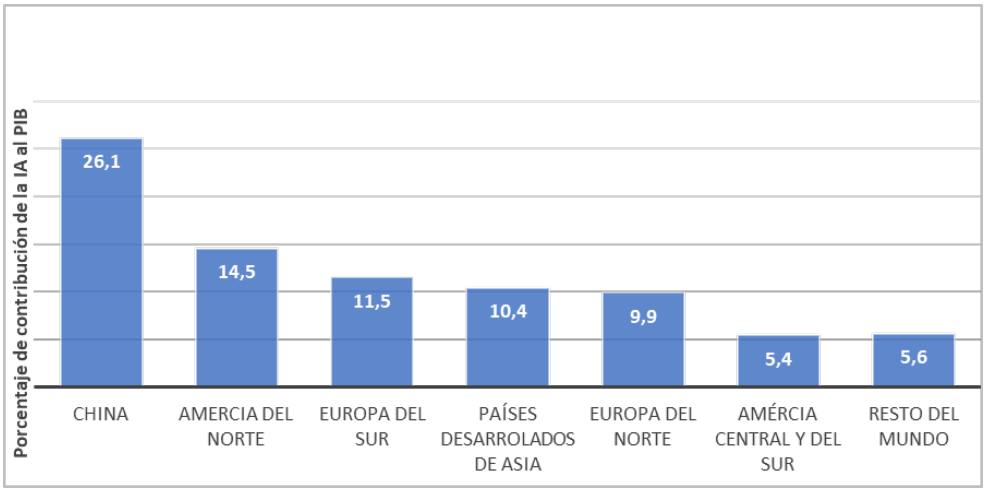


Figura 4 – Previsión del impacto de las tecnologías de IA en el PIB por región en 2030.

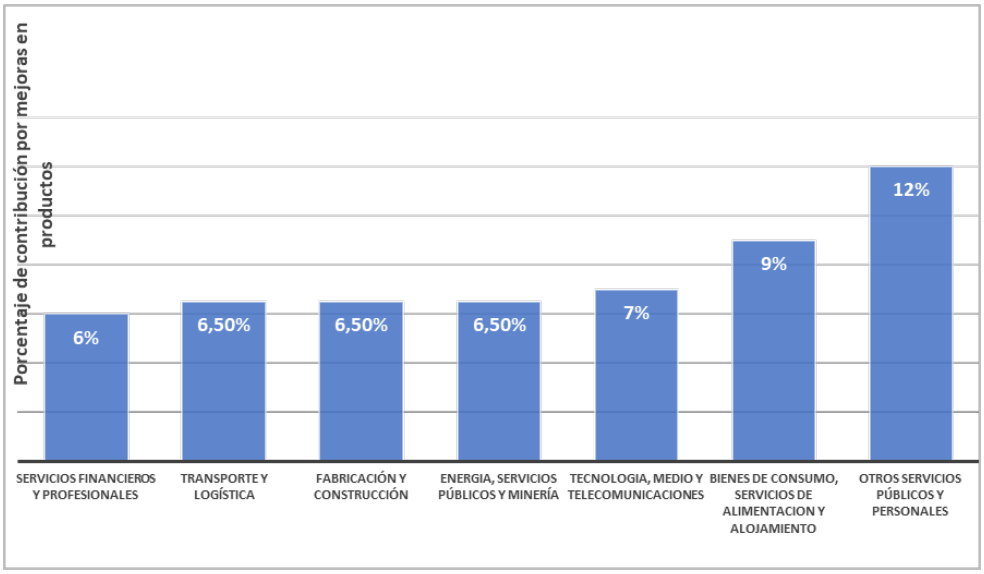


Figura 5 –Previsión del impacto de la IA en el PIB por sector industrial en 2030

Respecto al impacto de la IA en el empleo, se observa en la Figura 6 que existe un considerable porcentaje de trabajadores que pueden ser reemplazado por robots, en trabajos de alto riesgo (Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, 2021). En especial los países de centro y Suramérica, con mayor proporción en Guatemala y El Salvador. Siendo estas dos economías mayormente sustentadas poa la agricultura, vale decir que esta actividad ya utiliza IA en algunas partes de mundo. Entre estos trabajos que pueden ser sustituidos por robots, se pueden incluir la minería, construcción, pesca, conducción de maquinaria pesada, los relacionados con la electricidad, plataformas petrolíferas y con la manipulación o exposición a sustancias tóxicas o radiaciones, también los policías, bomberos y militares.

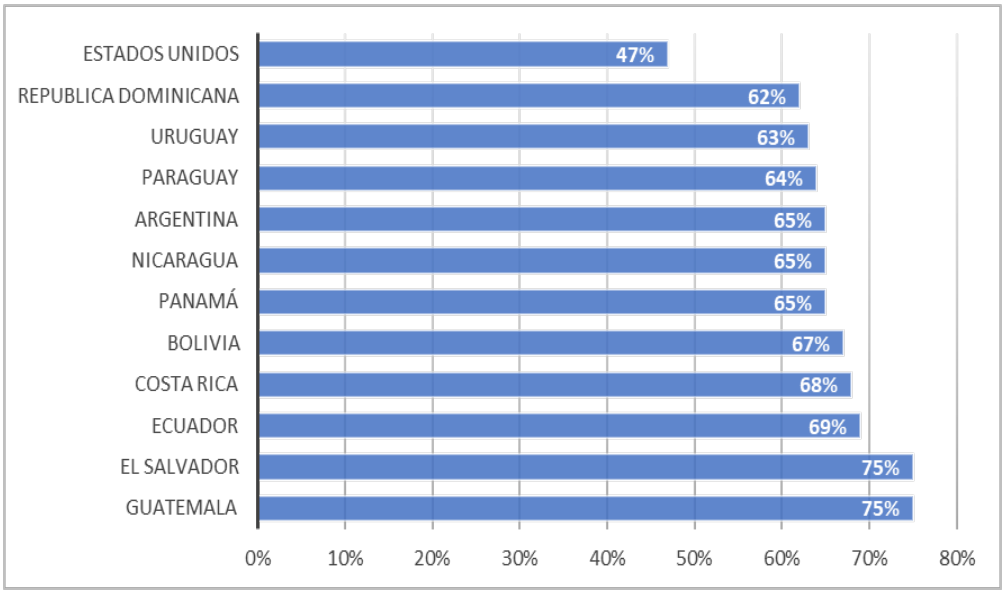


Figura 6 – Trabajadores en empleos de alto riesgo que podrían ser reemplazados por robots

A continuación, en la Tabla 1 se sintetizan el panorama de la IA En el Ecuador. En este sentido, hay esencialmente 5 sectores en los cuales está impactando la inteligencia artificial (Solis-Mora & Gruezo-Valencia, 2022).

Áreas	**Aplicación de la IA**
Atención medica	La IA. ofrece puntos de recopilación de datos que se procesan rápidamente, los cuales incluyen historial de salud, síntomas y/o tratamientos, niveles de actividad, datos genómicos (ADN) y eficacia de los medicamentos entre otros en función de crear planes de medicina “de precisión” o “personalizada”. El Instituto Ecuatoriano de Enfermedades Digestivas (IECED) presentó como “Aplicación de inteligencia artificial en tiempo real para el reconocimiento de anatomías durante la evaluación de ultrasonido endoscópico: un estudio piloto”. Esto consiste en el en el uso de la inteligencia artificial (AI) en la ecoendoscopía y en la colangioscopía

Áreas	Aplicación de la IA
Transporte	Con I.A, se generan patrones de tráfico para optimizar las rutas como sistemas de transporte inteligente, o STI así como con los vehículos autónomos, Tesla y Zoox, Audi/Volkswagen, Baidu y Ford. Las aplicaciones más utilizadas en las ciudades de Quito y Guayaquil son Uber y Cabify, vemos casos exitosos de apps nacionales como K-Taxi, Rapidcar, FedoTaxi, AzuTaxi, EasyCar. Clipp es una plataforma creada por la empresa lojana Kradac, que ha desarrollado varias soluciones de movilidad para taxis, bus urbano, parqueos tarifados, bicicleta, scooter, además que busca digitalizar el pago en cada medio de transporte y crear planes de movilidad. Apps como Clipp permitirán a los usuarios del transporte público tener conocimiento de las horas a las que pasará el bus, la ruta, el espacio libre del bus, etc.before the text and 12-point spacing after the text
Financiero	Análisis financiero para toma de decisiones, servicio alcliente, gestión d aprestamos fintech. Equifax, una agencia de reportes crediticios, y SAS, una empresa de análisis de datos, han creado una herramienta interpretable de calificación crediticia basada en el aprendizaje profundo. Por ejemplo chatbots: el Banco del Pacífico posee a Sophi la agente virtual del en Facebook y el Banco de Guayaquil; cuenta con Ada la agente virtual del quienes brindan atención todos los días a todas horas.
Comercio	Enfocados en la comercialización y publicidad acorde a Hábitos de gasto, información demográfica y de ubicación, y en gestión de inventarios. Por ejemplo, Almacenes Tía tiene a Lucía, el robot que revisa las perchas e recorre los pasillos y revisa los artículos que están en las perchas. Próximamente Lucía contará con más opciones. El objetivo es brindar información a los clientes y resolver sus dudas de inmediato.
Otros	El sector de la administración pública, para satisfacer mejor las necesidades de los usuarios de servicios públicos y mejorar la administración de sus recursos, la aplicación de la ley y la justicia penal, la lucha anticorrupción la producción y gestión agrícola procesos de manufactura la minería y la energía la seguridad, incluyendo la ciberseguridad y la investigación científica El Grupo de Investigación de Big Data y Machine Learning Aplicado a la Ciberseguridad, señala que debido a la cantidad de información que se genera en la actualidad, a través de redes sociales, e inclusive IoT, puede volver más complicado la detección de ataques de seguridad, de modo, que se utilizan técnicas o herramientas de analítica de datos para apalancar los procesos tradicionales de la ciberseguridad. Entre los proyectos afines a la ciberseguridad desarrollados por este grupo de investigación están la detección de phishing, URL maliciosos, desarrollo de indicadores de riesgo aplicando la teoría de juegos, IoT y ciberseguridad y la detección de noticias falsas En cuanto al área empresarial de Inteligencia Artificial en Ecuador, existen varias empresas que están dando servicios en esta área, CEDIA, estudio a ECUABOTS (Desarrollo de Chatbots en Ecuador), SETEINFO (Contact Center e Inteligencia Artificial) y SINERGY (Sinergyhard - Soluciones de innovación en tecnología). ECUABOTS se formó a inicios del 2017, con el fin de utilizar la Inteligencia Artificial en la fabricación de chatbots. Ahora también trabaja en sistemas informáticos y en temas de comunicación digital. SINERGY y SETINFO, trabajan en asesoría con productos y servicios de hardware, software e innovación digital, y usan la IA para el desarrollo de chatbots y seguridad digital.

Tabla 1

4. Discusiones

Respecto al crecimiento del mercado de la IA, en las cifras mencionadas se calculó una tasa de variación del 26% y 39 % para el hardware y software respectivamente. Al cotejar esto con las últimas previsiones de IDC indican que los ingresos del mercado de

inteligencia artificial crecerán 2021, hasta alcanzar unos 327.500 millones de dólares. Y se espera que en los próximos cinco años el gasto en software, hardware y servicios de IA seguirá creciendo a una tasa interanual compuesta del 17,5% hasta 2025, superando la barrera de los 550.000 millones (C. A. z Cuervo Sánchez, 2021). Incluso, existen otras cifras más optimistas "Una reciente investigación de IHS Markit estima que los ingresos globales para los sistemas de Inteligencia Artificial que cubren componentes de hardware y software alcanzarán casi 1 billón de dólares en 2025" (Andrés & Hurtado, 2021). En el entorno empresarial las aplicaciones de IA aumentan los niveles de eficiencia de una amplia variedad de procesos productivos.

En cuanto a las regiones que tendrán mayor impacto en su PIB por el sui de la IA, están China Y USA se muestran en las estadísticas como los que tiene mayor contribución de la IA en su PIB. Esto puede reafirmarse con el estudio realizado por la Fundación sobre Tecnología de la Información e Innovación que midió los niveles de desarrollo de la Inteligencia Artificial (IA) utilizando 30 parámetros diferentes, con datos basados en 2020, el cual revela que Estados Unidos lidera en el desarrollo y el uso de la inteligencia artificial, al tiempo que China crece rápidamente y Europa se retrasa. En una escala de 100 puntos Estados Unidos lidera con un total de 44,6, con la mayor inversión en "startups" y fondos para la investigación y el desarrollo seguido por China con 32 y la Unión Europea (UE) con 23,3 puntos. China ha avanzado significativamente en varios rubros y el año pasado tenía más supercomputadoras que ningún otro país, un total de 214 de las 500 que existen en el mundo. Estados Unidos tenía 113 y la UE 91.

En lo relativo al impacto en el empleo en países de América, se observa una mayor proporción en los países latinos, revelando que en promedio un 67% de trabadores con trabajos de alto riesgo serán reemplazados por robots. Al revisar los tipos de trabajos que más probabilidad tienen para ser reemplazados con I.A. se destaca el trabajo físico, labores repetitivas o de precisión tales como agricultores, trabajadores de fábricas, recepcionistas, conductores, mensajeros, soldados, contadores, médicos cirujanos. Mientras que trabajos con mayor esfuerzo intelectual, creatividad y con poder de decisión tales como escritores, diseñadores gráficos, desarrolladores de software, abogados, psiquiatras, coreógrafos, gerentes o ejecutivos (*10 Puestos de Trabajo Que Serán Reemplazados Por La IA, y 10 Que No - RevistaPyMe21*, n.d.)

5. Conclusiones

El mercado de la inteligencia artificial, en sus tres componentes: software, hardware y servicios, crece aceleradamente a nivel mundial, dado el impacto que tiene en la productividad de las empresas con proyecciones para el 2030 que sobrepasan los 500 mil millones de dólares. Los países en los cuales la contribución por el uso de IA es más alta son Estados Unidos y China con 26,1 y 14, 5% respectivamente.

Los sectores de mayor impacto en el PIB por el uso de IA son el de bienes de consumo, servicios de alimentación y alojamiento con 9 % y otros servicios entre los cuales se pueden mencionar, salud, educación, comerciales con un 12 %.

El impacto de la I.A. en el empleo es más probable en trabajos con mayor esfuerzo físico o labores repetitivas que en trabajos con esfuerzo intelectual, creatividad o toma de

decisiones. En América los países en donde existe mayor probabilidad de que existan trabajos de alto riesgo a ser reemplazados con IA son Guatemala y El Salvador.

En el Ecuador, hay avances en el uso de la IA en los sectores de Atención médica (ecoendoscopía y en la colangioscopía) Transporte (Uber y Cabify, vemos casos exitosos de apps nacionales como K-Taxi, Rapidcar, FedoTaxi, AzuTaxi, EasyCar. Clipp) Financiero (chatbost Sophi y Ada) Comercio (robot Lucia) Otros como seguridad, ciberseguridad (en el área empresarial destacan empresas como CEDIA, ECUABOTS, SETEINFO y SINERGY.

Referencias

10 Puestos de Trabajo que Serán Reemplazados por la IA, y 10 que no - RevistaPyMe21. (n.d.). Retrieved September 29, 2022, from https://revistapyme21.cl/10-puestos-de-trabajo-que-seran-reemplazados-por-la-ia-y-10-que-no/

Andrés, J., & Hurtado, P. (2021). Desarrollo de un prototipo para la predicción de nuevos casos de covid-19 en el ecuador mediante el uso de inteligencia artificial. *ConcienciaDigital*, *4*(3.1), 41–52. https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v4i3.1.1810

Cuervo Sánchez, C. A. (2021). Efectos de la inteligencia artificial en las estrategias de marketing: revisión de literatura. *ADResearch: Revista Internacional de Investigación En Comunicación, ISSN 1889-7304, Nº. 24 (Enero-Junio), 2021, Págs. 26-41*, *24*, 26–41. https://doi.org/10.7263/adresic-024-02

Cuervo Sánchez, C. A. z. (2021). Efectos de la inteligencia artificial en las estrategias de marketing: Revisión de literatura. *ADResearch ESIC International Journal of Communication Research*, *24*(24), 26–41. https://doi.org/10.7263/ADRESIC-024-02

Del Carmen Sosa Sierra, M. (2019). *Inteligencia artificial en la gestión financiera empresarial*.

González, E. E., Morales, F. D., Coral, R., & Toasa, R. M. (2021). *Fifth-Generation Networks and Vehicle-to-Everything Communications*. 350–360. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68285-9_34

Hernández-Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P., & others. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 4). McGraw-Hill Interamericana México.

Inteligencia artificial (IA) - Datos estadísticos | Statista. (n.d.). Retrieved September 29, 2022, from https://es.statista.com/temas/6692/inteligencia-artificial-ia/#topicHeader__wrapper

Marín, L., & Lindgreen, A. (2017). Marketing and corporate social responsibility and agenda for future research. *Spanish Journal of Marketing - ESIC*, *21*, 1–3. https://doi.org/10.1016/J.SJME.2017.06.001

Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información. (2021). *Diagnóstico sobre la Inteligencia Artificial en el Ecuador*. https://observatorioecuadordigital.mintel.gob.ec/wp-content/uploads/2022/06/Hito-20-IA-en-Ecuador-Documento-final-JC-JO-MS-002.pdf

Padrón Hernández, S. (2015). *Inteligencia Artificial en la Operacion de Redes Eléctricas aplicacion a sistemas aislados* [Instituto Universitario SIANI]. https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/17092/3/0722383_00000_0000.pdf

Rouhiainen, L. (2018). *Inteligencia artificial 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro*. www.planetadelibros.com

Sadin, É. (2019). La inteligencia artificial: el superyó del siglo xx. *Nueva Sociedad*.

Salazar-Ceballos, A. (2018). La inteligencia artificial vs la inteligencia humana. *Duazary*, *15*(3), 249–250. https://doi.org/10.21676/2389783X.2412

Sánchez Durán, R. (2020). *El futuro y la demanda energética*. https://idus.us.es/handle/11441/102598

Solis-Mora, V. S., & Gruezo-Valencia, F. D. (2022). La Inteligencia Artificial (IA) al servicio de la eficiencia energética en el Ecuador. *Dominio de Las Ciencias*, *8*(2), 600–621. https://doi.org/10.23857/DC.V8I2.2665

Wirtz, B. W., Weyerer, J. C., & Geyer, C. (2018). Artificial Intelligence and the Public Sector—Applications and Challenges. *Https://Doi.Org/10.1080/01900692.2018.1498103*, *42*(7), 596–615. https://doi.org/10.1080/01900692.2018.1498103

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

Recebido/Submission: 16/07/2022
Aceitação/Acceptance: 09/11/2022

Modelado 3D del Estadio Olímpico Atahualpa mediante la metodología de diseño hipermedia

Aguas Luis[1], Coral Rosario[1], González Emanuel[1], Morales Flavio[1]

laguas@uisrael.edu.ec; rcoral@uisrael.edu.ec; eegonzalez@uisrael.edu.ec; fmorales@uisrael.edu.ec

[1] Universidad Tecnológica Israel.

Pages: 114-127

Resumen: Las nuevas tecnologías de la información y comunicación tienen una serie de aplicaciones en diferentes ámbitos. Así, actualmente las herramientas de software se han optimizado para la virtualización de objetos y, en general, escenarios de interés. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos del proceso de virtualización del estadio olímpico Atahualpa, Ecuador. Por consiguiente, luego de aplicar un conjunto de técnicas de modelado 3D y herramientas de animación, se ofrece la posibilidad a los usuarios de conocer de forma detallada las diferentes estructuras, localidades y zonas que conforman este escenario. Este tipo de trabajos pueden ser útiles en el modelado de cualquier otro escenario con fines de publicidad y acceso a esta información de forma remota mediante el uso de realidad virtual o realidad aumentada. Los resultados obtenidos demuestran que las herramientas y técnicas de modelado 3D seleccionadas fueron adecuadas para la obtención de un modelo realista del escenario propuesto en este trabajo.

Palabras-clave: Modelado 3D; Wings Tool; VRML; Renderizado.

3D modeling of the Atahualpa Olympic Stadium using hypermedia design methodology

Abstract: New information and communication technologies have a variety of applications in different fields. Thus, nowadays, software tools have been optimized for the virtualization of objects and, in general, scenarios of interest. This paper presents the results obtained from the virtualization process of the Atahualpa Olympic Stadium, Ecuador. Thus, after applying a set of 3D modeling techniques and animation tools, users are offered the possibility to know in detail the different structures, locations and areas that make up this scenario. This work can be useful in the modeling of any other scenario for advertising purposes and access to this information remotely through the use of virtual reality or augmented reality. The results obtained show that the 3D modeling tools and techniques selected were adequate for obtaining a realistic model of the scenario proposed in this work.

Keywords: 3D Modeling; Wings Tool; VRML; Rendering.

1. Introducción

En la actualidad los constantes cambios tecnológicos y la necesidad de contar con herramientas robustas que permitan la creación, visualización e interacción con modelos virtualizados de la realidad, conlleva a la investigación y generación de nuevo conocimiento basado en la aplicación de la ingeniería de software y la computación gráfica. Adicionalmente, es fundamental el crecimiento alcanzado en el desarrollo de supercomputadoras y mejoras significativas, especialmente en las capacidades de procesamiento gráfico a alta velocidad. Esto último es útil en aplicaciones en donde la respuesta del modelo debe garantizar una Calidad de Experiencia (QoS) adecuada a los usuarios. A esto se suma la inclusión de nuevas técnicas de programación en diseño gráfico, así como de visualización y modelado 3D de escenarios reales con el fin de lograr un mejor entendimiento y visualización a través de representaciones tridimensionales.

Básicamente un sistema de modelado 3D persigue la representación virtual de objetos reales manteniendo sus características, detalles, geometrías, etc. Para lograrlo, se consideran ciertas técnicas y procedimientos específicos para diferentes elementos.

En esta investigación se presentan los resultados obtenidos de la simulación de un escenario específico: El Estadio Olímpico Atahualpa. De esta manera los usuarios pueden conocer los detalles de este escenario como las diferentes zonas y localidades, los espacios y niveles en donde se desarrollan diferentes actividades. Por consiguiente, las mismas técnicas y metodología propuestas en este trabajo pueden ser consideradas en el modelado virtuales de otros objetos o escenarios de interés

Las siguientes secciones se encuentran organizadas de la siguiente manera: en la sección 2 se presenta la metodología seguida en esta investigación. En la sección 3 se presenta un análisis de los principales resultados obtenidos y la respectiva discusión de los mismos. Finalmente, en la sección 4 se presentan los resultados y trabajo futuro.

2. Metodología

2.1. Definiciones y características del modelado 3D

Un objeto tridimensional (con o sin movimiento) puede ser modelado desde su representación matemática usando diferentes herramientas de software especializado. El nombre técnico de este proceso se conoce renderizado 3D. Otras opciones incluyen el uso de software de simulación física e incluso se pueden crear físicamente mediante el uso de impresiones 3D.

Dependiendo del escenario u objeto, las estructuras 3D pueden ser creadas manual o automáticamente. El proceso manual de un modelo 3D requiere información relacionada con las dimensiones, geometrías, colores, tonalidades del color, etc. En la actualidad lo común es usar modelos 3D basados en conceptos matemáticos de álgebra lineal y geometría espacial. El modelado geométrico consiste en el proceso de abstracción de un objeto que mediante la aplicación de conceptos de geometría dan como resultado una representación matemática del mismo. Es importante considerar que el proceso de modelado puede ser mejorado de acuerdo con el grado de precisión que se desea obtener del objeto o escenario a virtualizar. Para el caso del modelado 3D es necesario tener en

cuenta aspectos tales como la profundidad, ancho, largo y altura de los objetos. Para mejorar el modelo y aproximarlo a la realidad se deben tener en cuenta otros aspectos como el color, textura, sombras, etc. (Suarez, 2006, p 28)

Los modelos en coordenadas cartesianas son los más simples a implementar en una computadora. Se requieren un conjunto de puntos que delimitan el objeto real. La captura de esta información se hace mediante dispositivos como cámaras o escáneres. A partir de esta información se puede pasar a la etapa de representación del objeto en 3 dimensiones. Como resultado del proceso de renderización mediante información en coordenadas cartesianas, se tiene un un conjunto finito de puntos que pueden incluir información de color, dirección y textura. A continuación, una colección o "nube de puntos" se usan para definir el límite de los objetos a modelar. (Soliz & Frank, s/f). Con respecto a la superficie límite de los objetos, en los modelos más sencillos y a la vez prácticos se utilizan mallas poligonales triangulares. Adicionalmente, las técnicas de procesamiento que pueden ser útiles en el modelado consisten en el uso de filtros digitales para detectar detalles, por ejemplo, bordes de las imágenes.

Uno de los principales problemas a resolver en el proceso de modelado es la determinación de los puntos más representativos de los objetos. Esto debido a que de un mismo objeto distintos puntos se pueden obtener y es necesario aplicar cierta teoría relacionada a la geometría del plano y del espacio tridimensional para la triangulación o diseño del cubo de la nube de puntos.

Existen varias técnicas de modelado dependiendo del contorno de los objetos. El modelado sólido, también conocido como modelado de estructuras sólidas, representa el volumen del objeto e incluye información como la densidad del material, el centro de masa, etc. Estos modelos son utilizados en la generación de modelos computarizados para escenarios como industria y medicina. El modelado de contorno, conocido también como representación de perfil, únicamente representa la superficie que limita al objeto (es decir, el "cascarón"). En general, este modelo es simple para definir y modificar. Finalmente, en el modelo de gráficos en 3 dimensiones, la computadora usa puntos y aristas que unen esos puntos con el fin de crear la estructura de los elementos u objetos. El agrupamiento de puntos se conoce como mallado de puntos, mediante la que se busca aproximar, de mejor manera, a la realidad del objeto.

2.2. Metodología de Desarrollo

En este proyecto, se hace uso de la metodología de desarrollo OOHDM (Object Oriented Hypermedia Design Method). Esta consiste en una metodología de modelado 3D propuesta por (Schwabe & Rossi, 2002) para aplicaciones hipermedia y tiene como objetivo el diseño de aplicaciones multimedia más eficientes con un proceso simplificado. La metodología OOHDM en sí no es un lenguaje de modelado, sino un conjunto de pautas para el desarrollo de aplicaciones multimedia de forma metodológica y principalmente enfocada en el diseño.

En el desarrollo de aplicaciones tradicionales, el modelo OOHDM tiene similitudes con el modelo de vista de controlador. Está compuesto de 5 fase principales:

- **Fase 1, recopilación de requerimientos:** aquí se elaboran diagramas de casos de uso diseñados para cada escenario con el fin de obtener en detalle los requerimientos, funcionalidades y acciones del sistema.

- **Fase 2, diseño conceptual:** mediante el uso de técnicas de orientación de objetos, se define un modelo de acuerdo con (Zamora-Barinas, s/f) que representa el dominio de la aplicación. De esta forma se obtiene como resultado esquemas de clases que se relacionan entre sí y tienen en cuenta el perfil de cada usuario y las tareas que desarrollan.
- **Fase 3, diseño de navegación:** en la metodología OOHDM el sistema de navegación determina una aplicación. Aquí se definen todas las actividades que el usuario va a realizar sobre el proyecto. Para esto es necesaria la fase previa de diseño conceptual. Cabe recalcar que a partir de un mismo objeto se pueden crear distintos modelos de navegación, es decir, se pueden obtener aplicaciones diferentes para cada uno de los modelos obtenidos.
- **Fase 4, diseño de interfaz abstracto:** después de la definición de la estructura de navegación, se prepara el modelo para que sea identificable por el usuario. Para ello se define qué objetos de la interfaz van a ser considerados por el usuario, y en qué momento y lugar estarán los diferentes elementos. Se define el despliegue, manejabilidad, qué elemento de la interfaz actuará en cada paso de la navegación, cómo se sincronizan los patrones multimedia y las diferentes interfaces que se adaptan a los medios y entornos. Para un mismo modelo de navegación se pueden asignar diferentes entornos con base a la interfaz definida y permitiendo así seleccionar la interfaz que mejor se adapte a las necesidades del usuario.
- **Fase 5, Implementación:** luego de la creación del modelo conceptual, el patrón de navegación y el esquema abstracto de la interfaz, se define el lenguaje de programación para generar el ejecutable de la aplicación.

Con respecto a las herramientas de modelado y renderizado 3D, la representación en tres dimensiones de los objetos que se tienen en un escenario real, es un proceso que demanda de experiencia y práctica, además de la disponibilidad de diferentes herramientas que faciliten el desarrollo. En la actualidad existen paradigmas de programación que permiten incluir una amplia variedad de herramientas que pueden ser incluidas en la representación de objetos. Así, los modelos pueden ser creados ya sea manual o automáticamente. El proceso manual que se requiere para crear un objeto en 3D se parece mucho al de un escultor, en donde se parte de una figura volumétrica y se pulen los detalles hasta lograr el estilo y apariencia deseada. Entre las aplicaciones que permiten la creación de animaciones y modelos 3D se encuentran:

- **Wings 3D:** es una herramienta open-source que facilita el modelado 3D. Se caracteriza por ser de acceso libre y multiplataforma. Sin embargo, no es la mejor opción para generar animaciones en los objetos (Gibelli et al., 2017). La mayoría de aplicaciones de acceso abierto no permiten modelado 3D a través de fórmulas matemáticas, sin embargo, sí permiten el modelado manual, pero se requieren conocimientos avanzados en estas técnicas.
- **Blender:** a diferencia de Wings 3D, Blender permite el diseño gráfico que permite la creación, modelado y animación de objetos en tres dimensiones. Además, es de acceso abierto y funciona bajo diferentes sistemas operativos. El uso de esta herramienta puede ser complejo para principiantes debido

a las diferentes funcionalidades que ofrece y que deben adaptarse al objeto y escenario a modelar (Gibelli et al., 2017). Mediante Blender es posible dar vida a los modelos creados mediante el uso de una línea de tiempo formada por fotogramas, a los cuales se les puede configurar su estado y posición. Además, incluye complementos y bibliotecas con funcionalidades específicas desarrolladas por distintos usuarios. Los modelos obtenidos en Blender pueden ser exportados a diferentes formatos.

- **VRML:** esta herramienta ha sido creada a partir de Open Inventor, con el objetivo de contar con un lenguaje que permite múltiples funcionalidades gráficas. (Espinosa-Ríos, 2017). Al igual que las herramientas mencionadas anteriormente, VRML permite la creación de modelos 3D orientada a desarrolladores con conocimientos básicos en modelado tridimensional. Adicionalmente, ofrece gran flexibilidad y permite incorporar otras funcionalidades disponibles en Internet.
- **Sketch up:** es un software propietario para modelado 3D que permite la creación y animación de objetos en tres dimensiones. El sistema operativo Skecth up corre bajo plataformas como Windows y MacOS. (Cabrero, 2014) Existe una amplia cantidad de información de referencia sobre el uso de este software. Al tratarse de software licenciado es posible optar por ayuda especializada y se puede acceder a la comunidad de ayuda relacionada con esta herramienta. La interfaz de este programa es amigable y cuenta con un instructor virtual que explica el uso de las diferentes funcionalidades de esta herramienta, lo que facilita el aprendizaje de la misma (Gibelli et al., 2017).

Para el modelado 3D del estadio olímpico Atahualpa , se capturaron fotografías en alta resolución de este escenario mediante una cámara CANON T7/2000D. Estas imágenes fueron cargadas en la herramienta Wings 3D con el fin de formar un grid de puntos que permiten a los objetos ser modelados mediante un modelo geométrico con puntos y líneas de referencia, tal como se muestra en la Figura 1.

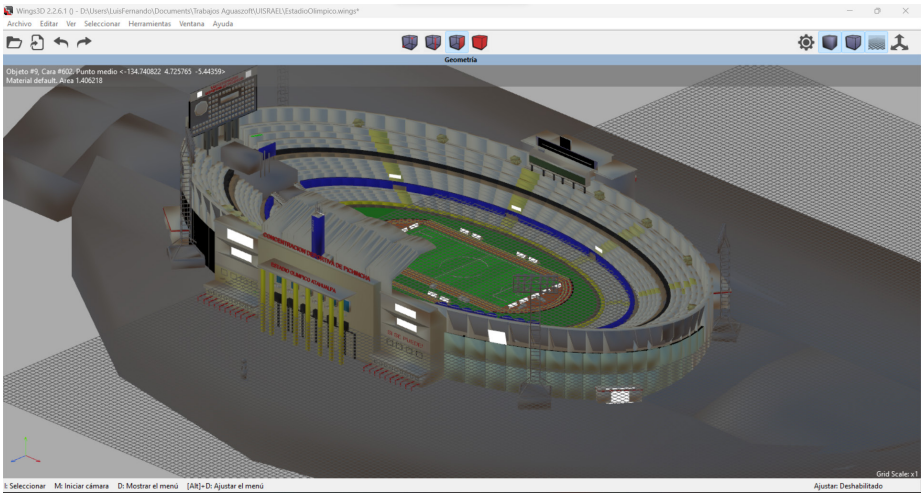


Figura 1 – Modelado del estadio olímpico Atahualpa en la herramienta Wings 3D.

A continuación, se usa la herramienta Virtual Mirror con el fin de cambiar el aspecto de las estructuras planas y deformes y darles una apariencia más realista. Posteriormente, se utiliza la opción de esculpido para delinear y pulir la apariencia de las imágenes. Aquí tiene que ver mucho la experiencia del diseñador para dar más realismo a las diferentes formas y estructuras presentes en un escenario.

Para la construcción del modelo completo, este se divide en objetos, tal como se muestra en la Figura 2.

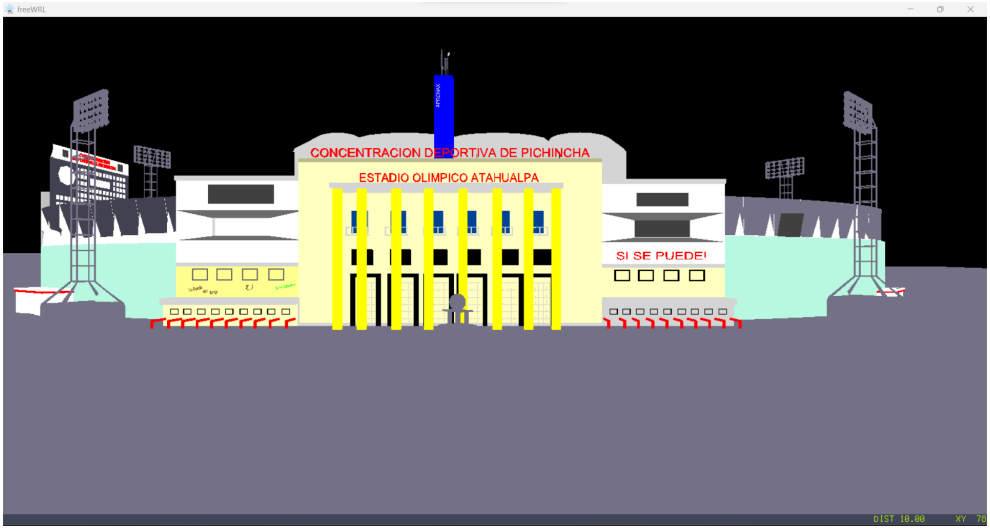


Figura 2 – Estadio Olímpico Atahualpa representado en Cortona.

Figura 3 – Estadio Olímpico Atahualpa representado en Sketchup.

Mediante el proceso de renderizado se compactan todos los elementos obtenidos en las fases anteriores y el resultado es un modelo que posee todos los elementos del proyecto. Se debe tener en cuenta que a mayor realismo que se le quiera dar al modelo los recursos de computación necesarios son más exigentes. Así, mediante el software Blender se redujo la carga de imágenes 3D. Adicionalmente, con el fin de visualizar el proceso de renderizado, se requieren herramientas que permitan optimizar el uso de recursos del ordenador, especialmente en equipos que tienen requerimientos mínimos, y así poder visualizar el modelo en un navegador web.

A continuación, se usó la herramienta Sketchup para visualizar el modelo implementado, como se muestra en la Figura 3.

3. Resultados y discusión

Considerando la metodología OOHDM, luego de la fase de requerimientos se elaboró el diseño conceptual y basados en el diseño navegacional se definieron las estructuras necesarias para la representación 3D del estadio (Graphisoft, 2019).

Para el desarrollo de este proyecto se realizó una recopilación de imágenes fotográficas del Estadio Olímpico Atahualpa como referencia visual de objeto que se requería modelar y así tener una estimación de sus componentes. No se utilizaron planos pero considerando las dimensiones de la edificación se construyó su geometría mediante la extrusión de los objetos generados de la interfaz del programa. Este modelo contempla la tribuna, escudo, templo, bandera, cañón y postes de luz. En la figura 4 se muestra una imagen del estadio Olímpico Atahualpa.

Figura 4 – Fotografía real de Estadio Olímpico Atahualpa

El modelo 3D diseñado se han considerado los siguientes módulos:

MÓDULO ACCESORIOS

Es este módulo se consideró el modelo de pequeñas estructuras como las vallas publicitarias, kioscos, antenas, las torres de iluminación del estadio, los arcos.

MÓDULO CANCHA:

Este módulo comprende el modelado de la cancha de fútbol y además incluye la pista de atletismo. En la figura 5 se puede apreciar el resultado.

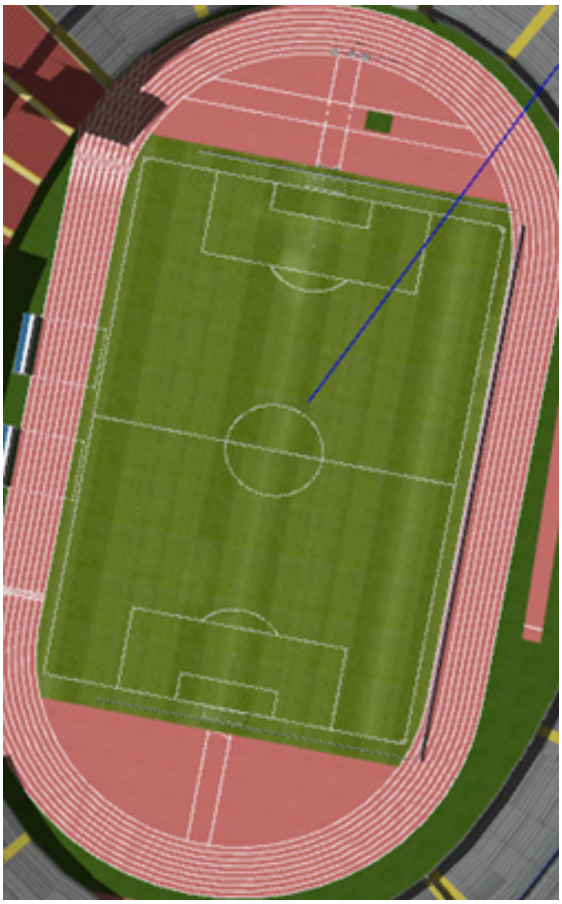


Figura 5 – Modelo de la cancha de fútbol y pista de atletismo.

MÓDULO ENTRADAS:

Este módulo incluye el diseño del modelo de las entradas principales y secundarias del estadio, así como las boleterías. En la figura 6 se aprecian los resultados.

Figura 6 – Entrada principal y boleterías.

MÓDULO GRADAS Y PANTALLA DE RESULTADOS:

El módulo de gradas comprende una gran parte del proyecto por su dimensión y cubre casi todo el perímetro de la pista de atletismo, tal como se muestra en la Figura 7.

Figura 7 – Gradería del estadio.

En la Figura 8 se muestra el módulo de pantalla de resultados del estadio Olímpico Atahualpa.

Figura 8 – Pantalla de resultados.

MÓDULO PISO:

Al hacer este módulo se consideraron los niveles del terreno en que está construido el estadio olímpico ya que el mismo, no es completamente plano y, por lo tanto, se tuvo que utilizar métodos de redimensionamiento geométrico (ver Figura 10).

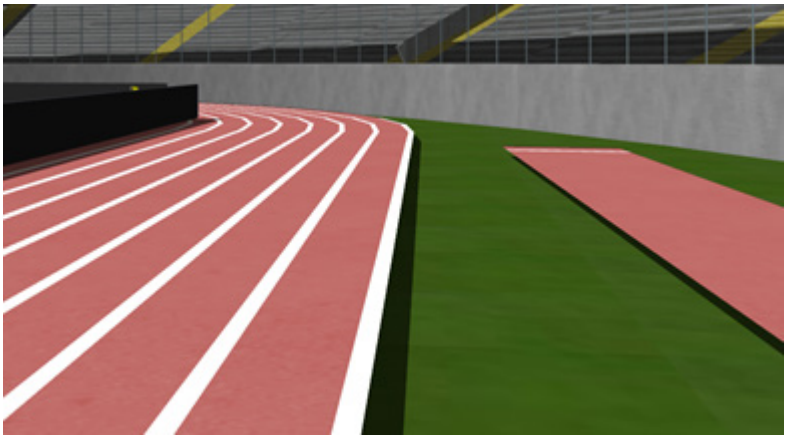


Figura 9 – Piso de estadio.

UNIÓN DE LOS MÓDULOS

Para la integración de los módulos fue necesario una computadora con gran capacidad de procesamiento y tarjeta gráfica dedicada ya que al unir todos los módulos la carga de

trabajo fue muy alta, debido a que se redimensionaron la mayoría de las partes hechas y también se requirió rotarlas en los diferentes ejes, como se muestra en la Figura 10.

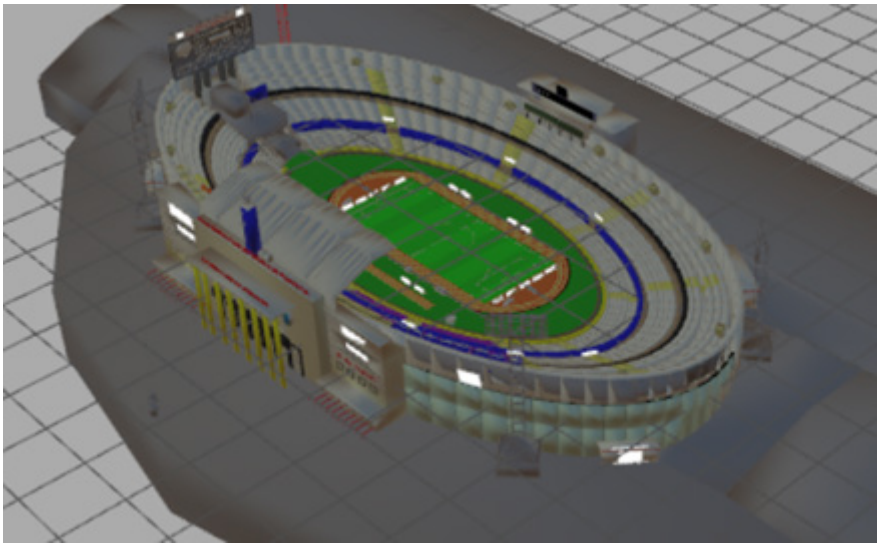


Figura 10 – Integración de los módulos.

TEXTURIZADO DEL PROYECTO:

Esta es una de las fases más importantes del proyecto porque es la que permite que el modelo se aproxime de mejor manera a la realidad. Implica la selección de las texturas, relieves, colores y reflejos para las diferentes superficies. También se utiliza la inserción de detalles para darle más realismo al modelo, tal como se muestra en las Figuras 11, 12, 13 y 14.

PANTALLAS DEL PROYECTO:

Figura 11 – Comparación de la Cancha del Estadio Olímpico Atahualpa con el modelo obtenido.

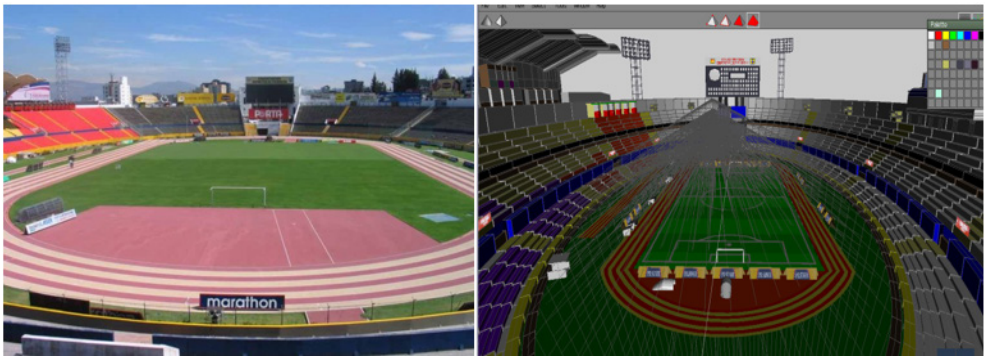


Figura 12 – Comparación de la parte central del Estadio Olímpico Atahualpa
con el modelo realizado.

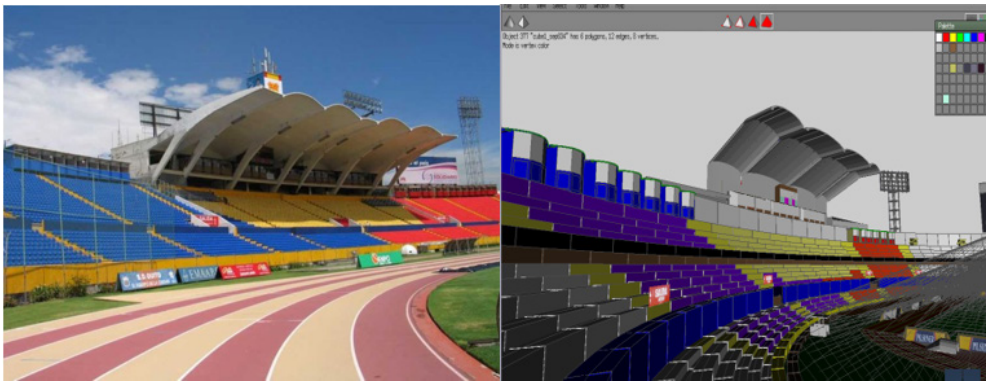


Figura 13 – Comparación de tribuna principal del Estadio Olímpico Atahualpa
Fuente: Propia

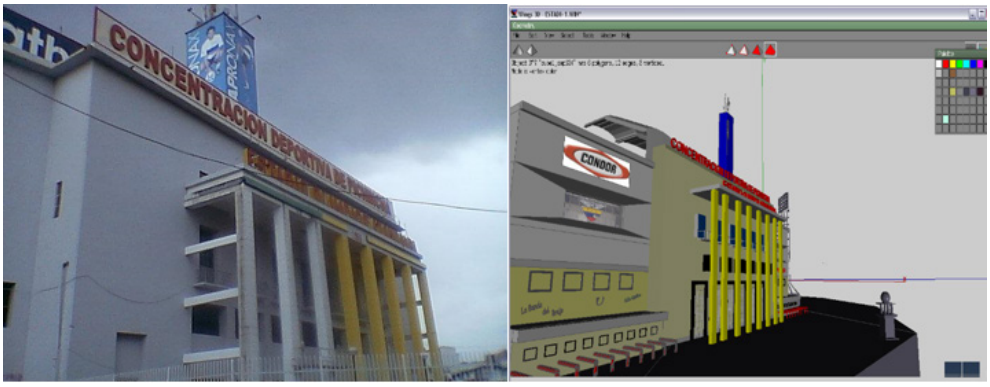


Figura 14 – Comparación de la entrada del Estadio Olímpico Atahualpa con el modelo obtenido
Fuente: Propia

4. Conclusiones

Una gran parte del éxito de este proyecto consistió en la elección de las herramientas adecuadas para cada una de sus fases: modelado, texturización y renderización, lo cual permite lograr una mayor funcionalidad, realismo y ahorro de tiempo.

El proceso de modelado en 3D implica el consumo de muchos recursos del ordenador: memoria, tarjeta gráfica y procesador; la carga y el tiempo de respuesta para visualización de los modelos tridimensionales dependerá del tamaño de la aplicación y de su nivel de realismo

La integración de los módulos que componen el proyecto requiere que cada parte incluye la malla interna lo más nítida y aproximada a la realidad, no deben estar pintadas ni incluir imagen alguna.

Las herramientas de edición de Wings 3D permiten incluir las figuras geométricas, sin la necesidad de programar manualmente el código script y también facilita la manipulación de las figuras incluidas.

El modelado del proyecto por módulos resultó apropiado ya que la herramienta Wings facilita su integración y redimensionamiento.

Este proyecto podría ser mejorado incluyendo iluminación nocturna que permita visualizar el modelo en otro ambiente. Adicionalmente se podrían incluir más detalles para mejorar la experiencia de usuario.

Referencias

Cabrero, J. C. (2014). SketchUp Pro : manual básico : manual práctico de aprendizaje y referencia. Iscar Software De Arquitectura.

Espinosa-Ríos, E. A., & Universidad del Valle - Cali. Colombia. (2017). Diseño e implementación de una hipermedia educativa para el mejoramiento del aprendizaje del concepto sustancia. ENTRAMADO, 13(1), 172–185. https://doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25134

Gibelli, T., Graziani, A., & Sanz, C. (2017). Review of Tools for the creation of 3D Models oriented to the teaching of mathematics with augmented reality. *XXIII Andean Congress of Computer Science*.

GraphiSoft. (2019). ArchiCAD 19. Graphic-Sha Publishing.

Karimpour, Habib & Isazadeh, Ayaz & Heydarian, Mohsen. (2008). Object-Oriented Hypermedia Design and J2EE Technology for Web-based Applications. 334-340. 10.28945/3290.

Rossi, G., & Schwabe, D. (2002). Annals of software engineering, 13(1/4), 97–110. https://doi.org/10.1023/a:1016593309733

Soliz D., R., & Frank A., M. (nd). OOHDM (Object Oriented Hypermedia Design Method) & ISO 9126 Standard.

Suárez, Publio (2006). *Conceptos geométricos en modelación 3D*. En Rojas, Pedro Javier (Ed.), Memorias del 7º Encuentro Colombiano de Matemática Educativa (pp. 27-31). Tunja: Gaia.

Zamora -Barinas, E. (s/f). Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales. Wordpress.com. Recuperado el 26 de octubre de 2022, de https://darjelingsilva.files.wordpress.com/2018/05/5-metd-oohdm.pdf

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

Recebido/Submission: 13/07/2022
Aceitação/Acceptance: 19/11/2022

Sistema de monitoreo remoto para mantenimiento predictivo en un motor eléctrico

Mg. René Ernesto Cortijo Leyva[1], Mg. Tannia Mayorga[2], Ing. Paulo Criollo[3]

recortijo@uisrael.edu.ec; tmayorga@uisrael.edu.ec; e1719993154@uisrael.edu.ec

[1, 2, 3] Universidad Tecnológica Israel, Francisco Pizarro E4-142 y Marieta de Veintimilla, 170507, Quito, Ecuador.

Pages: 128-144

Resumen: En la actualidad existen muchos procesos industriales, que se manejan como un lazo abierto. En ellos se realiza un mantenimiento correctivo al presentarse alguna avería mecánica o eléctrica, que impide el funcionamiento de las máquinas; mantenimiento preventivo de acuerdo con la programación planificada o por detección predictiva de fallas. En este trabajo, se desarrolla un sistema de monitoreo de variables físicas en motores eléctricos de corriente alterna para automatizar el proceso de identificación de su estado, a través de sensores de temperatura y emisiones acústicas con el fin de predecir inconvenientes futuros y realizar acciones correctivas mediante un mantenimiento predictivo. Se utiliza una tarjeta de control ESP32 encargada de comunicarse con los sensores, a través de los protocolos de comunicación estándar I2C e I²S. Ella cuenta con una interfaz web de usuario, para visualizar los datos del monitoreo de las variables físicas del motor eléctrico en tiempo real y las acciones correctivas recomendadas.

Palabras-clave: predictiva; automatizar; acústicas; interfaz; correctivas.

Remote monitoring system for predictive maintenance on an electric motor

Abstract: Currently, there are many industrial processes that are managed as an open loop, where corrective maintenance is performed when a mechanical or electrical failure occurs that prevents the operation of the machines, preventive maintenance according to a planned schedule or by predictive detection of failures. In this work, a system for monitoring physical variables of alternating current electric motors is developed to automate the process of identifying their status, through temperature sensors and acoustic emissions, in order to predict future problems and perform corrective actions through predictive maintenance. An ESP32 control card was used to communicate with the sensors through standard I2C and I²S communication protocols. It has a web user interface to visualize the monitoring data of the physical variables of the electric motor in real time and the recommended corrective actions.

Keywords: predictive; automate; acoustics; interface; corrective.

1. Introducción

Los dispositivos electrónicos de control y monitoreo representan un gran avance, a nivel tecnológico, en el campo industrial pues permiten medir cuantitativamente las variables físicas que intervienen en un proceso.

El desarrollo industrial requiere un enfoque centrado en la productividad, por lo que se precisa emplear la tecnología para aprovechar los microsistemas controlados, aumentar la eficiencia de los controles de procesos (Mendoza et al., 2017).

La tecnificación y automatización de sistemas es una práctica orientada a la optimización de recursos, al aumento de la productividad, la reducción de tiempo y costos operativos, además, al manejo más rápido de la información (Simón Mori, 2018).

El 90% de los fallos en las máquinas ocurren debido a un funcionamiento anormal de los componentes internos, específicamente, del motor principal (Chow, 1997).

Las actuales exigencias de calidad consideran necesaria la utilización de sistemas de monitoreo y detección de fallas, para evitar procesos intrusivos que interrumpan la producción, al considerar que los motores eléctricos son, en muchos casos, los responsables del correcto funcionamiento de un sistema productivo (Castelli Lemez & Andrade, 2007).

Los acercamientos para resolver la problemática de monitoreo y evaluación del estado de equipos eléctricos a través de variables físicas se presentan a continuación.

En el trabajo "Análisis termográfico de la subestación San Lorenzo y su alimentador primario principal para elaborar un plan de mantenimiento predictivo" se aborda el análisis termográfico de la subestación eléctrica y su alimentador primario, con el objetivo de determinar los puntos calientes. Se diseñan fichas técnicas de recopilación y análisis de datos para la detección de anomalías, utilizando la norma ANSI/NETA ATS-2009 para establecer la severidad de estas. Se propone, además, la realización de un plan de mantenimiento predictivo basado en una planificación para mediciones de temperatura (Yépez, 2016). El aporte para el presente proyecto está relacionado con el procedimiento para la elaboración de planes de mantenimiento predictivo, planificación de mediciones, normativa, e identificación de la relación de la temperatura para el estado de los equipos.

En el trabajo "Sistema de monitoreo de variables medioambientales usando una red de sensores inalámbricos y plataformas de Internet de las Cosas", se desarrolla un sistema para la recolección de datos meteorológicos usando una red de sensores inalámbricos (RSI), capaz de transmitir los datos en tiempo real. El proyecto busca automatizar los procesos de obtención de datos a través de sistemas basados en DigiMesh y Wi-Fi, además de la transmisión de información a plataformas web con protocolos de Internet de las Cosas (IoT). Se utiliza herramientas basadas en Digimesh para la comunicación, se genera una red compuesta de nodos sensores, encargados de la adquisición de variables meteorológicas, procesamiento y transmisión de datos hacia un nodo central conectado por Wi-Fi a internet. Este último nodo, se encarga de la transmisión de datos a la plataforma IoT, utilizando el servicio web de Ubidots (Quiñones et al., 2017). En este proyecto se toma en consideración la arquitectura hardware del sistema y las tecnologías

de comunicación inalámbricas para la suscripción de los nodos sensores al servicio web en internet.

En el trabajo "Implementación de un sistema de monitoreo web para mejorar el servicio de mantenimiento de puertas automáticas en la empresa Markha Security S.A.C", se desarrolla la implementación de un sistema de monitoreo web para mejorar el servicio de mantenimiento de las puertas automáticas en la empresa Markha Security S.A.C. Este proyecto consiste en dar solución a problemas de mantenimiento de sistemas para garajes e implementar un sistema de monitoreo web. El sistema está basado en la plataforma Arduino y Ubidots. El sistema de monitoreo web y su dispositivo verifican la variable de revoluciones de los resortes adheridos a las puertas de garajes, que son los encargados de sostener el peso de las puertas. Para realizar la tarea de mantenimiento, se analiza la magnitud del peso y el ciclo de vida de los resortes para estimar el momento de realización del mantenimiento (Huayhuapuma & Moriano, 2018). Resulta válido tomar como base de esta investigación, el entorno de desarrollo integrado (IDE), la compatibilidad de los servicios web con las tarjetas controladoras, y la aplicación de los datos de monitoreo para el desarrollo de los planes de mantenimiento.

En el trabajo "Implantación de una LPWAN para el monitoreo de temperatura y humedad en un invernadero" se presenta la implementación de una red LPWAN (Low Power Wide Area Networks) conectada a internet para el monitoreo de la temperatura y humedad de un invernadero. El proyecto está conformado por cinco nodos distribuidos en un invernadero con un Gateway conectado a internet, en el que cada nodo consta de un microcontrolador, un sensor de temperatura/humedad relativa, y un transceptor de radio, que envían periódicamente la información de los sensores al Gateway; éste se comunica con un servidor en la nube. Los clientes pueden acceder al servidor a través de una base de datos, desde la cual se monitorea los valores de temperatura/humedad de los nodos con un alcance de 12.5 km (Vega et al., 2018). Resultó de suma importancia la identificación de las tecnologías inalámbricas para transmisión de datos y la integración de varios sensores en una plataforma de monitoreo.

El trabajo "Sistema inteligente de monitoreo de temperatura Termosim 2020" contribuyó al análisis de las plataformas IoT, de los tipos de mensajes utilizados y protocolos de comunicación. Se detalla el desarrollo de un prototipo destinado al monitoreo inalámbrico de temperatura en los calentadores solares para agua de uso doméstico, a través de sistemas embebidos. Estos se utilizarán en proyectos de energías alternas para ciudades inteligentes con acceso a internet de las cosas IoT. El proyecto funciona de manera autónoma, mide los valores de temperatura y los envía, mediante conexión inalámbrica, a bases remotas de datos (Contreras, 2020).

Por último, el trabajo "Diseño del plan de mantenimiento predictivo a generador de potencia empleando la técnica en vibraciones mecánicas y descargas parciales, en planta hidroeléctrica Jurún Marinalá Inde, Guatemala" permitió considerar aspectos valiosos sobre el mantenimiento predictivo. En él se detalla el diseño de un plan de mantenimiento para mejorar la disponibilidad de un generador de potencia mediante el uso de la tecnología para el monitoreo de variables de funcionamiento. El proyecto se enfoca en una propuesta de instalación de un equipo de vibraciones mecánicas y descargas parciales. El mismo hace énfasis en la reducción del tiempo al implementar

el mantenimiento preventivo, lo que representa una mejora económica, y se analiza cuantitativamente las pérdidas por fallas en el generador (Chang, 2020).

Sobre la base de estos antecedentes, el presente proyecto aborda la automatización de las tareas en el monitoreo remoto del estado de motores a fin de aportar datos relevantes de las variables físicas, elaborar los planes de mantenimiento predictivo, cuya aplicabilidad se centre en actuadores de máquinas industriales. Es decir, monitorear las tendencias, que predicen las circunstancias y anticiparse al hecho de que el equipo industrial podría fallar y prevenirlo mediante una operación planificada de mantenimiento por parte de técnicos, analistas o expertos.

2. Metodología

Para la recolección de información, se recurre a las herramientas de investigación documental, que (Morales, 2003) define como un procedimiento científico y sistemático de indagación, recolección, organización, análisis e interpretación de información o datos en torno a un tema. Entre las fuentes de información recomendadas por (Kaufman & Rodríguez, 2003) se encuentra los documentos impresos, electrónicos, audiovisuales, así como libros, enciclopedias, revistas, monografías y tesis.

Se ha considerado el acceso a una información actualizada; el medio de búsqueda de la información es digital y se ha realizado a través de repositorios digitales, páginas web, artículos científicos. Además, se ha empleado el motor de búsqueda Google para artículos de la academia: Google Scholar.

Los términos asociados a la investigación son: mantenimiento predictivo, dispositivos electrónicos, adquisición y procesamiento de señales acústicas, protocolo de comunicación MQTT, servicios web, adquisición de señales de temperatura, transductores, normas para evaluación de estado de actuadores rotativos, servidores locales y remotos.

Para el desarrollo del sistema, se aplicó la metodología activa en fase de prototipo, descrita por (Moreno Arellano et al., 2021) como un proceso iterativo para diseñar, implementar, medir y ajustar un proyecto.

Las etapas correspondientes al desarrollo de la idea consistieron en la definición de requerimientos y variables, la definición de herramientas de diseño y pruebas, el diseño del prototipo o sistema para luego pasar a las pruebas de funcionamiento y el análisis de los resultados. El proyecto tiene un alcance correlacional y explicativo en correspondencia con la medición de las variables físicas en el comportamiento de un motor eléctrico y se relaciona con los parámetros de la eficiencia de funcionamiento del mismo, para luego- mediante el análisis de los datos comparados fijados a un rango límite permitido- predecir la ocurrencia de una avería, dar respuesta a la posible causa y establecer el mantenimiento programado por condición.

3. Desarrollo del sistema

El sistema realiza el monitoreo de las variables físicas de los motores eléctricos de corriente alterna (AC) para automatizar el proceso de identificación del estado del motor a través de sensores encargados de medir la temperatura y las emisiones acústicas, con

el fin de predecir inconvenientes futuros en el actuador a través de acciones correctivas ligadas a un mantenimiento predictivo.

El dispositivo cuenta con un sensor de temperatura infrarrojo sin contacto, evita la interacción física entre el sistema y el objeto de análisis; posee, además, un micrófono que funciona como sonómetro para determinar la intensidad del sonido generado por el motor.

El sistema corre sobre una tarjeta controladora ESP-32 encargada de comunicarse con los sensores a través de convertidores analógico-digitales ADC o protocolos de comunicación estándar UART, I2C, Wifi y Bluetooth. A través de este microcontrolador, el sistema se comunica con una interfaz de usuario alojada en un servicio web, que permite a los usuarios autorizados visualizar los valores de temperatura y emisiones acústicas medidas.

En la programación, se implementa un código para comunicar la interfaz de usuario con la tarjeta, iniciar el proceso de adquisición de datos, y mostrar -a través de indicadores- el estado del motor analizado. Se indica, además, las acciones correctivas necesarias para evitar fallos inesperados en el funcionamiento del actuador.

La descripción general del proyecto se muestra en la figura 1.

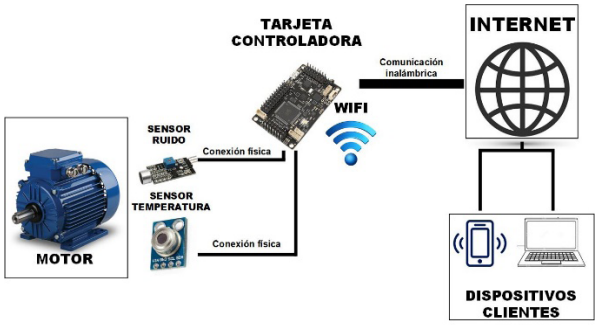


Figura 1 – Esquema de conexión general del proyecto

3.1. Arquitectura del hardware

La arquitectura del hardware, para el proceso de comunicación, incluye una computadora que actúa como servidor, la cual -a través de la herramienta node-RED- se comunica con la tarjeta controladora ESP32; recibe la información de temperatura y emisiones acústicas; la muestra en la interfaz local (dashboard) y publica la información tratada relevante al servicio web Ubidots como se muestra en la figura 2.

3.2. Diagrama de conexión

La comunicación del microcontrolador con el sensor de temperatura infrarrojo se realiza a través del protocolo I2C (puerto y protocolo de comunicación serial para transmitir bits entre dispositivos digitales), mientras que el micrófono tipo MEMS se comunica a

través del protocolo de comunicación I²S (Inter-IC Sound, Integrated Interchip Sound), que es un estándar eléctrico de bus, tipo serial, para interconectar circuitos de audio digital. Se incluye también un regulador de voltaje Buck-Boost de 3.3V y una batería de Li-Ion de 3.7V para alimentar los sensores y el microcontrolador ESP32. El diagrama de conexiones electrónicas se muestra en la figura 3.

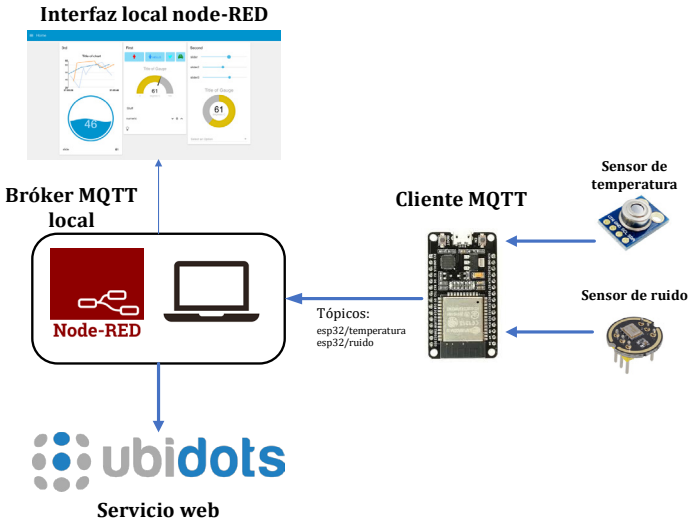


Figura 2 – Arquitectura de hardware propuesta para comunicación ESP32 – Ubidots / Interfaz local.

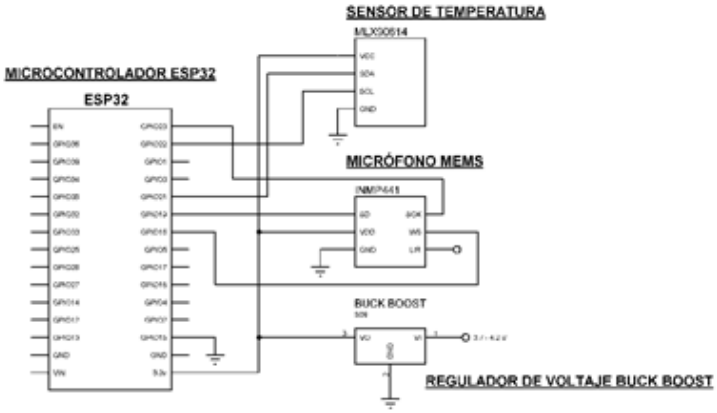


Figura 3 – Diagrama de conexiones electrónicas del sistema

3.3. Diagrama del proceso del sistema

El diagrama del proceso indicando las etapas de funcionamiento del algoritmo se muestra en la figura 4.

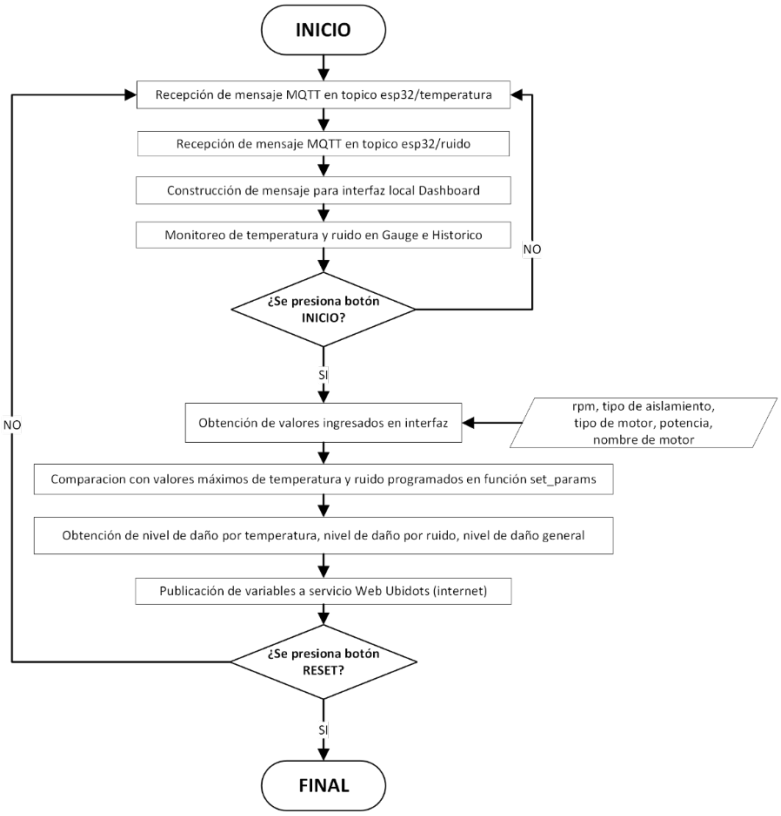


Figura 4 – Diagrama de flujo del proceso del sistema

3.4. Implementación del sistema

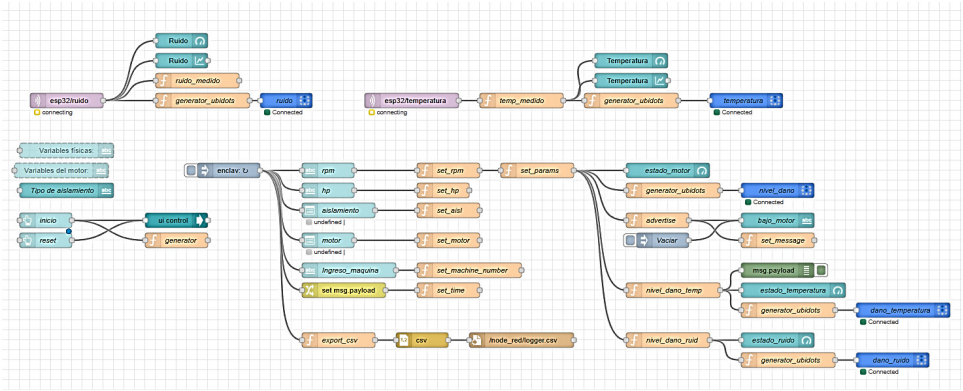


Figura 5 – Diagrama de flujo del sistema con bloques de programación realizado en node-RED

El diagrama de flujo que incluye los bloques de funciones, comunicación, transmisión de mensajes y configuración para la visualización realizados en node-RED se muestran en la figura 5.

3.5. Etapa de adquisición y procesamiento de datos

En la adquisición de datos de temperatura, la librería utilizada para la comunicación del sensor MLX9014 con la tarjeta ESP32, es "Adafruit_MLX90614", que se encuentra en el Gestor de Librerías en el IDE de Arduino.

El programa principal, se ejecutará de forma continua; en él se adquiere la información de temperatura ambiente y temperatura de objeto. La temperatura de objeto es la que se detecta con el sensor infrarrojo. Se realizan pruebas de estabilidad con un dispositivo disipador de calor, que se muestran en la figura 6.

Figura 6 – Temperatura del soldador medida por el sensor MLX90614

Para obtener las señales de ruido del equipo en decibelios, es necesario comprender el proceso de adquisición de señales analógicas o digitales de un micrófono, así como la etapa de ecualización, filtrado, y ponderación de la señal, además del cálculo del ruido a través de la señal RMS. En el proyecto "Arduino/ESP32 Sound Level Meter (SLM)" se utiliza un micrófono omnidireccional digital I2S de tipo MEMS con filtros de Respuesta al Impulso de duración Infinita (IIR) para la etapa de ecualización, y ponderación de tipo A (Kostoski, 2019). El diagrama de procesamiento de señal se muestra en la figura 7.

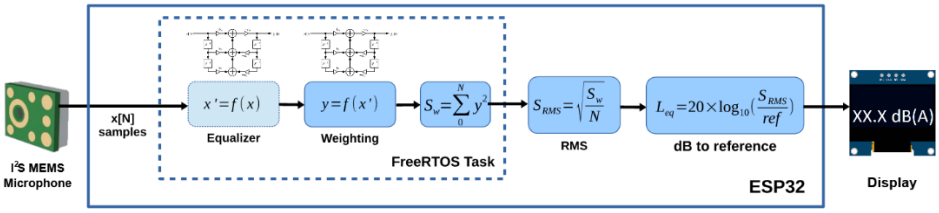


Figura 7 – Procesamiento de la señal de sonido para obtener nivel de ruido. Obtenido de (Kostoski, 2019)

Al utilizar micrófonos digitales, se omiten las etapas de pre-amplificación, linealización y existe una menor relevancia del hardware de adquisición de datos, tales como la frecuencia, velocidad y resolución de los convertidores analógico-digitales.

La etapa de ecualización consiste en separar las frecuencias audibles, que serán relevantes para el cálculo de nuestro nivel de ruido para, posteriormente, con el filtro IIR digital,

calcular los valores RMS de la señal, que serán convertidas a un valor de ruido en dB a través de la ecuación:

$$L_{eq} = 20\log_{10}\left(\frac{S_{RMS}}{ref}\right)$$

El parámetro SRMS es el valor RMS de la señal medida en una frecuencia de 48KHz, como se recomienda en el libro "Algorithms for the Constrained Design of Digital Filters with Arbitrary Magnitude and Phase Responses Kurzfassung" (M. Lang, 1999) y, el valor de referencia, es el descrito en el datasheet del sensor INMP441.

Para la ponderación de la señal y selección de los coeficientes de los filtros IIR, se utilizan los resultados obtenidos del trabajo "Least-squares design of IIR filters with prescribed magnitude and phase responses and a pole radius constraint" (M. C. Lang, 2000).

Para la configuración del dispositivo, se utiliza la librería para Arduino sos-iir-filter.h, donde se realizaron modificaciones para anexar la funcionalidad de lectura de temperatura, comunicación MQTT y envío de la información por Wifi.

3.6. Instalación del sistema

Para configurar el dispositivo, se utiliza la librería para Arduino sos-iir-filter.h. En ella se realizaron modificaciones para anexar la funcionalidad de lectura de la temperatura, comunicación MQTT y el envío de la información por Wifi.

El sistema está diseñado, de forma modular, con el objetivo de poder adaptarlo a motores con distintas características físicas, -es decir- diferente radio, longitud y superficies de contacto. A continuación, se muestra, en la figura 8, la disposición de los módulos y el sistema montado para el diagnóstico de un motor.

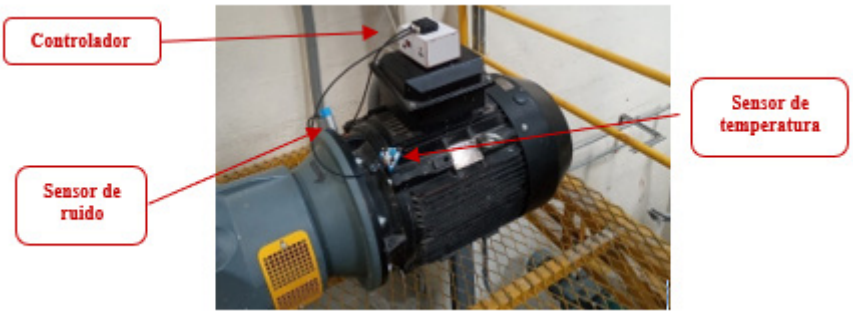


Figura 8 – Vista del sistema instalado en el motor

3.7. Interfaz humano–máquina

Para implementar la interfaz del usuario local, es necesario adicionar los parámetros específicos de cada motor, ya que estos valores dependen de la experticia para la adquisición de los datos del motor. Esta interfaz responde al uso del experto en el

sistema. Los parámetros para ingresar a ella definen el criterio de evaluación del sistema ya que, como se mencionó previamente, los límites admisibles de temperatura y emisiones acústicas dependen tanto de las características eléctricas como funcionales. Ver en la figura 9.

Figura 9 – Ventana de proceso en interfaz local (node-RED Dashboard)

La interfaz de usuario alojada en la nube se realiza a través del servicio web Ubidots, que permite la recepción e interpretación de mensajes con distintos protocolos de comunicación. Para el presente sistema, se propone la utilización de un tipo de mensajes estándar utilizado en los proyectos de IIoT (Industrial Internet of Things) llamado MQTT (MQ Telemetry Transport). Este se ha caracterizado por ser un protocolo de red cuyos mensajes son ligeros y corren bajo el estándar TCP/IP. Se utiliza para conexiones en locaciones remotas donde el ancho de banda es limitado. Ver figura 10.

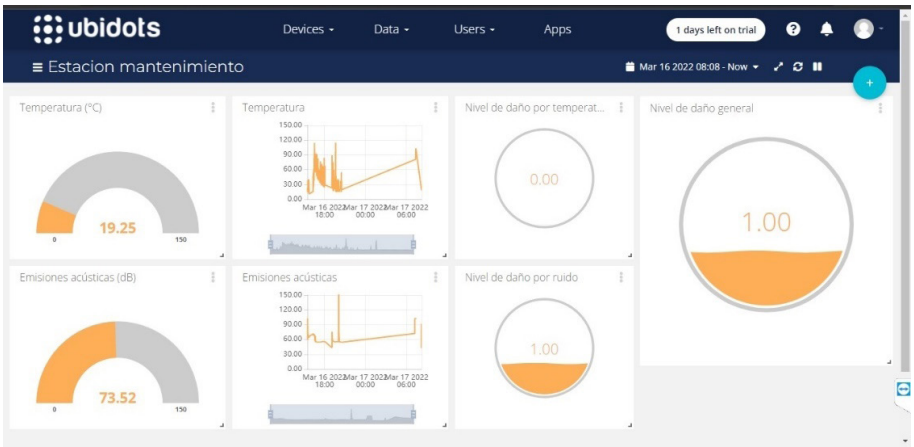


Figura 10 – Interfaz de usuario en Ubidots con información general

4. Resultados

4.1. Pruebas de funcionamiento

Con el fin de evaluar el funcionamiento del sistema, se realizan pruebas variando las mediciones de temperatura y de ruido ambiental. Es importante comprobar, que los datos obtenidos se visualicen en ambas interfaces (local y remota) y que los datos sean consistentes; es decir, que la variación de los datos medidos no altere el correcto funcionamiento de los algoritmos de evaluación.

Se realizan pruebas con valores normales de temperatura y valores medios – altos de ruido como se observa en las figuras 11 y figura 12.

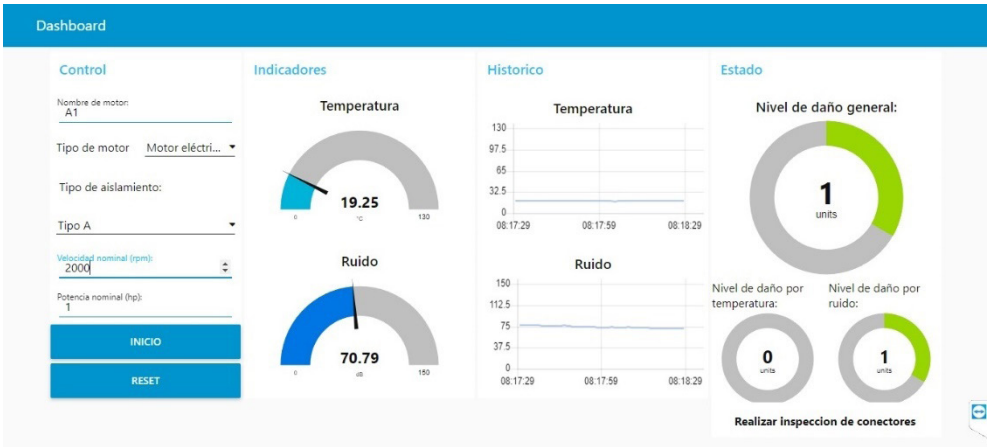


Figura 11 – Monitoreo de variables y evaluación de nivel de daño en interfaz local (node-RED)

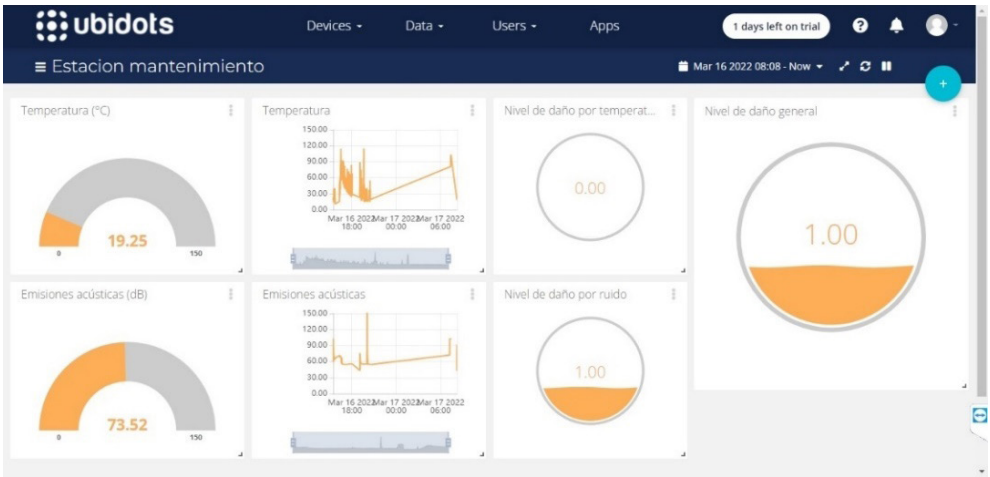


Figura 12 – Monitoreo de variables y evaluación de nivel de daño en interfaz remota (Ubidots)

Se realizan pruebas aumentando más la temperatura y manteniendo los valores de ruido según se aprecia en las figuras 13 y figura 14.

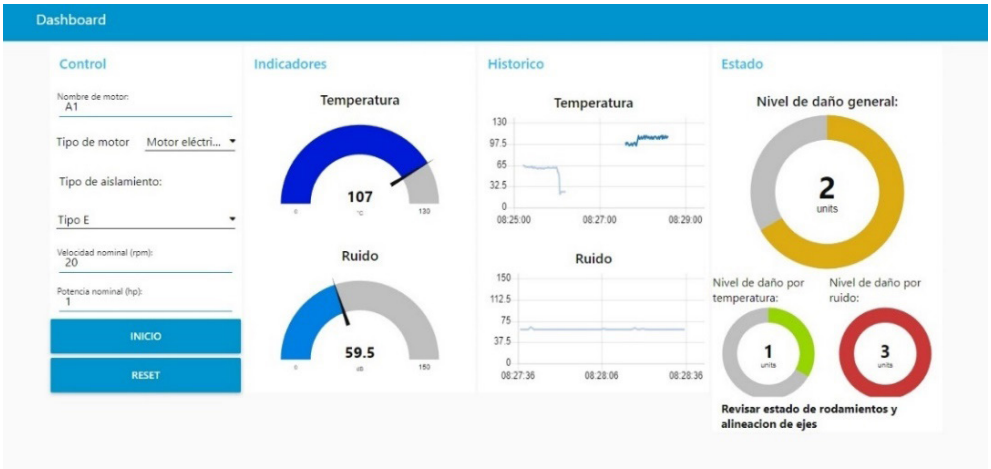


Figura 13 – Monitoreo de variables y evaluación de nivel de daño en interfaz local (node-RED)

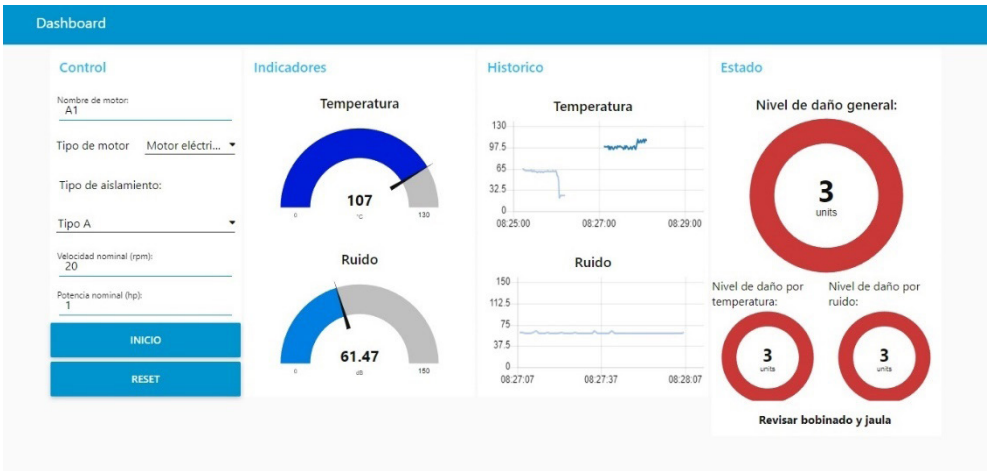


Figura 14 – Monitoreo de variables y evaluación de nivel de daño en interfaz local (node-RED)

Se realizan pruebas para comprobar la robustez del sistema ya que, aunque el dispositivo es capaz de sensar las variables físicas y comunicarlas al servidor a una frecuencia de 10Hz (10 muestras por segundo), la comunicación con el bróker MQTT de Ubidots alojado en la nube añade una demora importante en la comunicación. Las pruebas de la correcta recepción los de mensajes se realizan a frecuencias de 1Hz (1 muestra por segundo), 0.5Hz (1 muestra cada 2 segundos), y 0.25 Hz (1 muestra cada 4 segundos).

Prueba 1. Envío de mensajes desde dispositivo a servidor local node-RED

Se toma una muestra de 100 mensajes enviados desde el dispositivo hacia el servidor local en node-RED. Tabla 1.

Envío de mensajes desde dispositivo a servidor local				
Frecuencia (Hz)	**Número de mensajes enviados**	**Variable**	**Mensajes con error o mensajes perdidos**	**Error porcentual (%)**
1	100	temperatura	1	1
		ruido	2	2
0,5		temperatura	0	0
		ruido	0	0
0,25		temperatura	0	0
		ruido	0	0

Tabla 1 – Error porcentual de envío de mensajes MQTT desde dispositivo a servidor local

Prueba 2. Envío de mensajes desde node-RED a servidor web Ubidots

Se toma una muestra de 100 mensajes enviados desde el servidor local hacia el servicio web Ubidots. Tabla 2.

Envío de mensajes desde servidor local a servidor web				
Frecuencia (Hz)	**Número de mensajes enviados**	**Variable**	**Mensajes con error o mensajes perdidos**	**Error porcentual (%)**
1	100	temperatura	14	14
		ruido	10	10
0,5		temperatura	4	4
		ruido	2	2
0,25		temperatura	1	1
		ruido	3	3

Tabla 2 – Error porcentual de envío de mensajes MQTT desde servidor local a servidor web Ubidots

Prueba 3. Comprobación de datos de temperatura con pirómetro comercial

Se toma una muestra de 20 mediciones de temperatura con el dispositivo realizado y se corrobora con mediciones realizadas con un pirómetro comercial. Ver la tabla 3.

Prueba 4. Comprobación de datos de emisiones acústicas con aplicación de móvil

Mediciones de temperatura con dispositivo y pirómetro comercial			
Ítem	**Valor medido con dispositivo (°C)**	**Valor medido con pirómetro (°C)**	**Error relativo porcentual (%)**
1	25,3	26,0	2,69%
2	25,8	24,9	3,61%
3	25,1	25,4	1,18%
4	25,4	26,1	2,68%
5	25,9	24,7	4,86%
6	26,2	27,0	2,96%
7	27,3	26,8	1,87%
8	24,9	25,6	2,73%
9	25,2	24,1	4,56%
10	47,3	48,1	1,66%
11	47,1	48,3	2,48%
12	48,6	47,5	2,32%
13	45,4	44,9	1,11%
14	49,8	50,1	0,60%
15	49,3	48,5	1,65%
16	48,1	46,9	2,56%
17	46,6	45,7	1,97%
18	45,3	44,9	0,89%
19	48,7	50,3	3,18%
20	46,0	47,2	2,54%
Error medio (%)			2,14%

Tabla 3 – Error relativo porcentual de mediciones con dispositivo y pirómetro comercial

Se toma una muestra de 20 mediciones de ruido con el dispositivo realizado y se corrobora con mediciones realizadas con la aplicación para medir ruido en Android Decibel X como se observa en la tabla 4.

Mediciones de ruido con dispositivo y aplicación Decibel X			
Ítem	**Valor medido con dispositivo (dB)**	**Valor medido con pirómetro (dB)**	**Error relativo porcentual (%)**
1	83,0	89,0	6,74%
2	88,0	94,0	6,38%
3	89,0	96,0	7,29%
4	95,0	87,0	9,20%
5	82,0	89,0	7,87%

6	90,0	94,0	4,26%
Ítem	**Valor medido con dispositivo (dB)**	**Valor medido con pirómetro (dB)**	**Error relativo porcentual (%)**
7	93,0	89,0	4,49%
8	91,0	98,0	7,14%
9	93,0	89,0	4,49%
10	92,0	97,0	5,15%
11	105,0	98,0	7,14%
12	107,0	103,0	3,88%
13	104,0	109,0	4,59%
14	109,0	104,0	4,81%
15	101,0	106,0	4,72%
16	102,0	107,0	4,67%
17	98,0	105,0	6,67%
18	103,0	96,0	7,29%
19	99,0	89,0	11,24%
20	102,0	93,0	9,68%
	Error medio (%)		6,10%

Tabla 4 – Error relativo porcentual de mediciones con dispositivo y aplicación de medición de ruido Decibel X

4.2. Análisis de los resultados

La herramienta de programación por nodos node-RED reduce la carga computacional generada por los procesos de adquisición de datos, procesamiento de señales, alojamiento de un servidor local y plataforma para ejecución de una interfaz gráfica. Permite, además, añadir bloques de programación parametrizables, con lo que las operaciones disponibles con los datos adquiridos no se limitan a operaciones numéricas o booleanas.

El protocolo de comunicación utilizado MQTT no produce errores durante el envío y recepción de mensajes entre el microcontrolador ESP32 y la computadora, pero requiere un proceso medianamente complejo para la configuración y puesta en marcha correcta del sistema.

Los errores obtenidos para la comunicación entre el dispositivo y el servidor local mostrados indican, que para las frecuencias de envío de datos de 0.5Hz e inferiores no se generan errores en la recepción de los mensajes, por lo que el envío de mensajes se configura cada dos segundos.

El número de mensajes con error o mensajes perdidos en la comunicación entre el servidor local y el servidor web de Ubidots mostrado evidencian una alta presencia de fallos cuando el envío de mensajes se realiza en períodos de 1 segundo o inferiores, por lo que se configura el envío de datos por MQTT cada dos segundos.

Los errores relativos obtenidos para los valores de temperatura mostrados se encuentran en un rango admisible inferior al 5%, por lo que se consideran aceptables. Además, a través del mecanismo de regulación de altura del sensor es posible calibrar correctamente la distancia para obtener valores más cercanos a la realidad.

Los errores obtenidos para el sensado de emisiones acústicas mostrados se encuentran alrededor del 6%, lo que implica que se requiere mejorar las condiciones de hardware para la adquisición de datos por parte del micrófono utilizado.

5. Conclusiones

Se desarrolló de manera satisfactoria un módulo físico inalámbrico para la adquisición de datos de temperatura y ruido, comunicado a través de Wifi utilizando el protocolo de mensajes MQTT.

Se elaboraron dos interfaces gráficas para el monitoreo de las variables físicas de un motor en tiempo real. La primera, para el operador del dispositivo, que se encarga de configurar los parámetros únicos del motor, de realizar los cálculos y comparaciones adecuadas a fin de evaluar el estado del motor. La segunda, alojada en Ubidots, permite visualizar el estado de las variables y del motor de una manera intuitiva y amigable.

A través de la investigación en fuentes primarias y secundarias, se identificaron los rangos de valores de temperatura y ruido normales, a través de los cuales se puede comparar los valores de las mediciones y segmentar los niveles de daño y la relevancia de estos.

Se propone una matriz estandarizada para evaluar el daño en los motores, en la cual se adjunten los detalles de la evaluación realizada de manera puntual; sin embargo, es necesario e importante realizar un seguimiento temporal de cada equipo para obtener resultados notorios en la aplicación del plan de mantenimiento predictivo propuesto.

Se realizó la validación de los resultados obtenidos; se corroboraron los resultados con un pirómetro para la variable de temperatura y aplicaciones móviles de micrófono. Se obtuvieron resultados satisfactorios con un error inferior al 5%, ya que el sistema desarrollado cuenta con protocolos de comunicación fiables y un correcto filtrado de señales acústicas para la obtención del nivel de sonido.

Referencias

Castelli Lemez, M., & Andrade, M. (2007). Metodología de monitoreo, detección y diagnóstico de fallos en motores asíncronos de inducción. Memoria de Trabajos de Difusión Científica y Técnica, 5, 65–76.

Chang, Ó. (2020). Diseño de plan de mantenimiento predictivo a generador de potencia empleando la técnica en vibraciones mecánicas y descargas parciales, en planta hidroeléctrica jurún marinalá inde, guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Chow, M.-Y. (1997). Methodologies of Using Neural Network and Fuzzy Logic Technologies for Motor Incipient Fault Detection. World Scientific Publishing.

Contreras, V. H. (2020). SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE TEMPERATURA TERMOSIM 2020. INFOTEC CENTRO DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN.

Huayhuapuma, N., & Moriano, J. L. (2018). Implementación de un sistema de monitoreo web para mejorar el servicio de mantenimiento de puertas automáticas en la empresa Markha Security S.A.C. In Universidad Autónoma del Perú. http://repositorio.autonoma.edu.pe/handle/AUTONOMA/430

Kaufman, A. M., & Rodríguez, M. E. (2003). Hacia una tipología de los textos. La Escuela y Los Textos.

Kostoski, I. (2019). ESP32-I2S-SLM. https://hackaday.io/project/166867-esp32-i2s-slm

Lang, M. (1999). Algorithms for the Constrained Design of Digital Filters with Arbitrary Magnitude and Phase Responses Kurzfassung. Vienna University of Technology.

Lang, M. C. (2000). Least-squares design of IIR filters with prescribed magnitude and phase responses and a pole radius constraint. IEEE Transactions on Signal Processing, 48(11), 3109–3121. https://doi.org/10.1109/78.875468

Mendoza, D., Yaguna, J., González, J. L., & Guerra, E. (2017). Estructura teórica entorno al sistema microcontrolado de riego por goteo. Universidad de La Guajira, 7.

Morales, O. A. (2003). Fundamentos de la investigación documental y la monografía. In Manual para la elaboración y presentación de la monografía. Universidad de los Andes.

Moreno Arellano, C. I., Pérez Mora, R., & García Sánchez, R. J. S. (2021). COORDINADORES. Creatividad e innovación en Educación Superior en tiempos de incertidumbre.: Vol. 1a. Ed.

Quiñones, M., González, V., Torres, R., & Jumbo, M. (2017). Sistema De Monitoreo de Variables Medioambientales Usando Una Red de Sensores Inalámbricos y Plataformas De Internet De Las Cosas (Monitoring System of Environmental Variables Using a Wireless Sensor Network and Platforms of Internet of Things). Enfoque UTE, 7(1), 329–343. http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/

Simón Mori, G. A. (2018). Implementación, control y monitoreo de un sistema de riego por goteo subterráneo con microcontroladores. Universidad Nacional Agraria La Molina, 11.

Vega, J., Lagos, M., Salgado, G., Tapia, V., Sánchez, F., & Cosme, J. (2018). Implantación de una Lpwan para monitoreo de temperatura y humedad en un invernadero. Pistas Educativas, 39(128), 1531–1548. http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/1134/1031

Yépez, F. (2016). Análisis termográfico de la subestación San Lorenzo y su alimentador primario principal para elaborar un plan de mantenimiento predictivo. Universidad Técnica del Norte.

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

Recebido/Submission: 22/10/2022
Aceitação/Acceptance: 24/12/2022

Automatización del mecanismo para bipedestación en una silla de ruedas para personas de entre 7 a 18 años con movilidad limitada

Francisco Jurado[1], Jefferson Nazate Quel[2], Erika Escobar[3], Mayra Comina[4].

fjurado@uisrael.edu.ec; jefferson-david@hotmail.es; escobar@uisrael.edu.ec; mcomina@uisrael.edu.ec.

[1] Universidad Tecnológica Israel, Francisco Pizarro E4-142 y Marieta de Veintimilla, 170522, Quito, Ecuador.

[2] Universidad Tecnológica Israel, Francisco Pizarro E4-142 y Marieta de Veintimilla, 170522, Quito, Ecuador.

[3] Universidad Tecnológica Israel, Francisco Pizarro E4-142 y Marieta de Veintimilla, 170522, Quito, Ecuador

[4] Universidad Tecnológica Israel, Francisco Pizarro E4-142 y Marieta de Veintimilla, 170522, Quito, Ecuador

Pages: 145-157

Resumen: Las sillas de ruedas son importantes debido a que ayudan al desplazamiento y posicionamiento de una persona, esto favorece el bienestar de las personas que las utilizan, su aporte se evidencia porque dan la posibilidad de tener autonomía e independencia a los usuarios de estas, en el presente documento se presenta el trabajo de investigación orientado a la modificación de una silla de ruedas convencional para incluir el mecanismo de bipedestación para usuarios que poseen movilidad limitada, el proyecto está enfocado para personas de entre 7 a 18 años y soportar hasta 60 kg, este dispositivo permite al usuario pasar de la posición de sedestación a una bipedestación, funcionalidad útil para personas parapléjicas, la metodología empleada para el desarrollo e implementación del dispositivo es del tipo cualitativa, con un alcance exploratorio y descriptivo, junto a una investigación previa para definir los parámetros de diseño para la implementación del dispositivo.

Palabras-clave: Bipedestación; sedestación; silla de ruedas; tecnología; personas.

Automation of the mechanism for standing in a wheelchair for people between 7 and 18 years of age with limited mobility

Abstract: Wheelchairs help with the displacement and positioning of a person; this helps to improve the well-being of the people who use them; their contribution is evident because they give the possibility of autonomy and independence to the users of these. The present research work is oriented to the modification of a conventional wheelchair to include a standing mechanism for users who have limited mobility. The project is developed for people between 7 and 18 years old and supports up to 60 kg. This device allows the user to move from a sitting position to a standing position. This functionality is helpful for paraplegic people. The methodology used for the development and implementation of the device is qualitative, with an exploratory and descriptive scope, together with previous research to define the design parameters of the device.

Keywords: *B*ipedalism; sitting; Wheelchair; technology; people.

1. Introducción

La incapacidad en el movimiento que posee una persona la hace más propensa a diversos tipos de lesiones que terminan por afectar en su calidad de vida al igual que el estilo de vida de sus familiares y cuidadores, debido a que las lesiones como la presencia de ulceras por presión o la incorrecta movilización del paciente aportan al deterioro de la salud de la persona afectada, esta falta de movilidad incrementa el riesgo de mortalidad en estas personas (Pinto Tuapanta, 2019).

En la actualidad los casos de discapacidad ya sean estos por accidentes de tránsito, accidentes fortuitos o por algún factor de salud son muy frecuentes, así lo demuestran los datos estadísticos del Banco Mundial (2021), un 15% del total de la población mundial padecen algún tipo de discapacidad, esta prevalencia se evidencia más en los países que se encuentran en vías de desarrollo, también se menciona que entre 110 millones y 190 millones de personas atraviesan una discapacidad grave.

Las personas que sufren de paraplejia se ven limitadas generalmente en acciones de movilidad superior, debido a este tipo de discapacidad, en latinoamericana esta situación no suele tomar una relevancia a nivel de toda la sociedad peor aún de las autoridades para presentar alternativas de solución a esta lamentable situación, la cual siempre queda limitada al entorno familiar o social de la persona afectada (Conza Armijos, 2021).

La falta de conciencia y de empatía de autoridades políticas y del área de salud en no incentivar e impulsar proyectos de investigación que muchas veces están en estudio y en otros casos se ha probado tener efectividad en su finalidad y se han quedado obsoletos, en el Ecuador según el CONADIS (2022), en lo referente a la discapacidad física en el grupo comprendido de entre 7 a 18 años indica que el 27.73% de la población padecen de algún tipo de discapacidad física como se puede observar en la Figura 1.

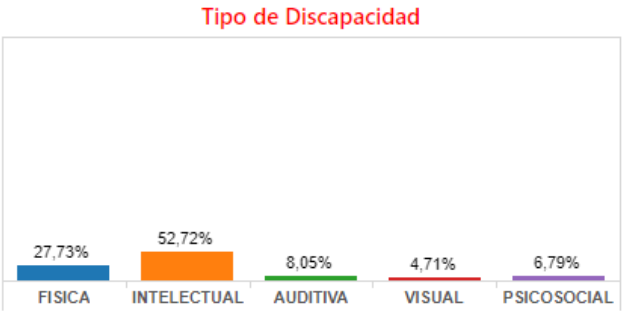
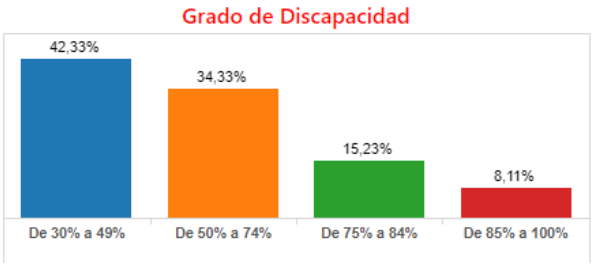


Figura 1 – Tipo de Discapacidades Fuente: CONADIS

También es importante presentar los grados de discapacidad existentes para este grupo de personas debido a que esto representa las distintas posibilidades dentro de una escala, el nivel de dificultad de una persona para valerse por sí misma (Figura 2).



Género	No. Registros
FEMENINO	22.712
MASCULINO	31.304

Figura 2 – Grado de Discapacidades Fuente: CONADIS

Las sillas de ruedas para las personas que sufren de algún tipo de discapacidad se convertido en una herramienta indispensable que les permite involucrarse a las personas con las actividades diarias de su entorno, sin embargo el uso de estas requiere de un gran esfuerzo físico para las extremidades de las personas discapacitas o de sus cuidadores dependiendo del caso, lo que suele producir algún tipo de lesión física o fatiga por el gran esfuerzo físico que se suele requerir, esto no solo afecta al físico de una persona sino también a la parte psicológica, puesto que se vuelven personas dependientes de otras para llevar a cabo sus actividades lo que conlleva a una considerable disminución de su independencia (Rodríguez et al., 2019).

Por lo antes expuesto en el presente trabajo de investigación se presenta una propuesta del mecanismo pasar de la posición de sedestación a la posición de bipedestación adaptado a una silla de ruedas, por los beneficios que este movimiento aporta al usuario, entre los que están el sistema pulmonar, urinario, digestivo, también está la salud ósea, el tono muscular y la preservación del rango de movimiento en articulaciones, estos beneficios se los ha presentado en varias investigaciones que apoyan el uso de sillas bipedestadoras, a pesar de que ya hayan pasado varios años desde que inició la discapacidad (Chesani et al., 2018).

1.1. Título del artículo

Silla de ruedas, la silla de ruedas es un dispositivo móvil o vehículo independiente que permite mover o trasladar a una persona limitada de movilidad locomotora inferior sea de madera parcial o permanente (Conza Armijos, 2021; Fernández & Molina, 2020).

La elección adecuada de la silla de ruedas está atada a varias características individuales como peso, edad postura, movilidad, propulsión y finalidad, existen varios tipos de sillas con distintos materiales de fabricación, la estructura de la silla es determinante para la comodidad y maniobrabilidad usualmente son rígidas o plegables con distintos materiales de elaboración como aluminio, hierro, carbono, titanio, bambú entre otros materiales (Mateos Batllori, 2021).

Silla de ruedas bipedestadora, la finalidad de la silla de ruedas bipedestadora (Figura 3) es dar oportunidad a una persona que ha perdido la capacidad de ponerse de pie es decir tener una posición bípeda además de tener movilidad independiente a través del mecanismo móvil de accionamiento mediante ruedas, ya que en cuanto a equipos bipedestadores existen como lo son camillas, grúas, exoesqueletos, en fin en

la actualidad se está dando paso a este tipo de dispositivos que sean capaces de ayudar a la postura bípeda con mecanismos eléctricos o mecánicos acoplados a estos equipos (Camacho Heredia, 2022).

Figura 3 – Ejemplo de silla bipedestadora Fuente: (LOH Medical, 2022)

Según el criterio de algunos profesionales de la salud este tipo de mecanismos además de otorgar independencia física también ayuda de manera fisioterapéutica a una adecuada circulación sanguínea, digestión adecuada, minimiza la rigidez, evita retracciones musculares, prevención de escaras por presión y prevención de deformaciones osteomusculares.

2. Metodología

Para el desarrollo de este proyecto de investigación, en un inicio en lo referente a la definición de los parámetros de construcción del dispositivo, se empleó un enfoque proyectivo, el cual empezó con la revisión sistemática de documentación relacionada a las sillas de ruedas que incluyan mecanismos de bipedestación para de esta forma definir la forma de construcción del dispositivo final.

Para ello se planteó la estrategia de búsqueda de información de documentos publicados en bases de datos en línea como “ScienceDirect”, “Scielo” y Google Académico, junto a criterios de inclusión y exclusión, como criterio de inclusión se seleccionaron destacaron los artículos relacionados con los dispositivos que permiten la bipedestación, mientras que el principal criterio de exclusión fue en la documentación de mecanismos que no emplean la tecnología para automatizar este mecanismo.

Así también fue un estudio del tipo experimental, para lo cual se puso a prueba el dispositivo final con el objetivo de poder validar el funcionamiento general de este en base a las características de diseño propuestas, las actividades planificadas para el desarrollo de la investigación, emplean una metodología de seis etapas.

En la primera etapa, se definen las especificaciones técnicas del dispositivo; en la segunda, se establecen los esquemas generales del hardware; en la tercera, se realiza la adaptación entre el hardware y el software; en la cuarta, se elaboran los ordinogramas modulares y se codifica el programa; en la quinta, se lleva a cabo la implementación del hardware con el software, por último, en sexto lugar se construye el dispositivo definitivo y se realizan las pruebas finales.

2.1. Propuesta.

El presente trabajo presenta el desarrollo de una silla de ruedas funcional para personas parapléjicas, permitiendo realizar el cambio de posición de la sedestación a la bipedestación (Figura 4), otorgando así la posibilidad de que los usuarios puedan realizar acciones que por su discapacidad no les es posible.

El producto está desarrollado con una silla de ruedas en aluminio capaz de soportar un peso promedio de 60 Kg, y con una estructura modificada para realizar la bipedestación con ayuda de un actuador lineal que realizará el levantamiento de la estructura a través de una viga adecuada al asiento de la silla, el actuador lineal estará alimentado con una batería de 12 VDC y controlado a través de un módulo relé con optoacoplador de entrada y salida a un interruptor de 3 posiciones on/off/on, para su elevación y retracción.

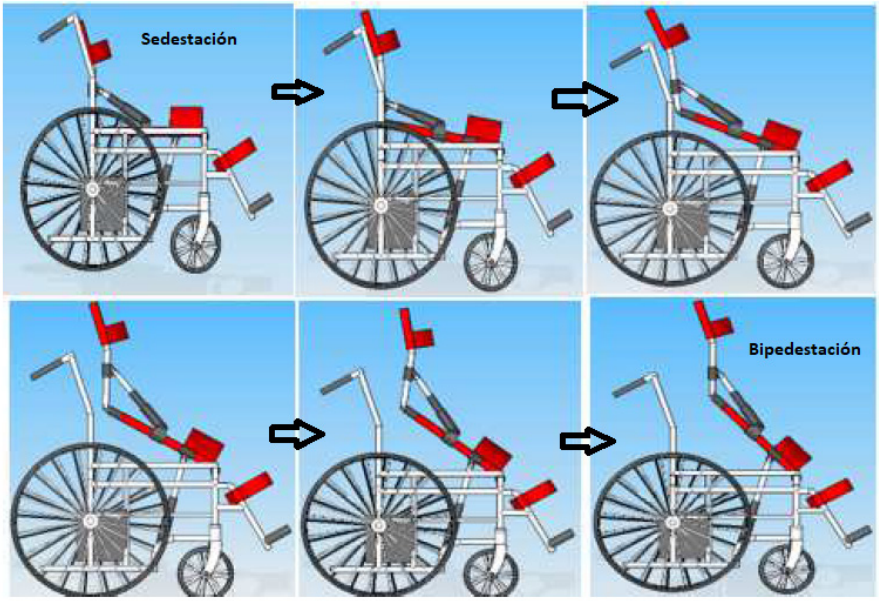


Figura 4 – Proceso de sedestación a Bipedestación del proyecto desarrollado (Catoira, 2016).

Para la estabilidad del usuario se adecuo un tipo de cinturones capaz de sostener a la persona al momento de ponerse en la postura elegida de la misma manera, una vez construido el producto se realizó pruebas para la obtención de datos en cuanto a trabajo, peso y funcionamiento ideal del sistema.

2.2. Desarrollo de la Propuesta

El acoplamiento de los diferentes sistemas tanto estructural, mecánico, eléctrico, control y alimentación se presentan acorde a los cálculos, análisis y requerimientos presentados durante la investigación y recopilación de datos.

Soporte principal para elevación. – consiste en la parametrización del sistema de soporte basado en tubo cuadrado de acero que sea capaz de ejercer un soporte y resistencia a la fuerza aplicada tanto de empuje como de soporte acorde a los estándares de y características de la carga.

Soporte inferior de soporte fuente de alimentación. – consiste en el diseño de la estructura para el apoyo del sistema de alimentación compuesto por una batería de 12VDC.

También se procedió con la eliminación del sistema tipo tijera que viene por defecto en la silla de ruedas influyo para optar por el acople de la barra, lo que proporcionó seguridad y estabilidad de la silla de ruedas.

Soporte inferior de soporte posterior actuador lineal. - Este soporte permite el acople del actuador lineal a la silla de ruedas, para lo cual se requirió de dos brazos extendidos ubicados en la parte inferior trasera de la silla de ruedas, procurando que no exista una incidencia en la movilidad de otros elementos al momento de que se produzca la manipulación de la silla.

Actuador lineal. - Para la selección del actuador lineal se consideró a que la población de 7 a 18 años presenta una variación dentro del sistema nacional en peso y talla acorde a su edad, tomando en cuenta estos parámetros el peso máximo de una persona de 18 años puede ser de 60 kg como se presenta en Tabla 1.

Edad (años)	Hombres		Mujeres	
	Peso (kg)	Talla (cm)	Peso (kg)	Talla (cm)
1	9.6	75,7	8,9	72,8
2	12.2	87,8	11,5	85
3	14.3	96,1	13,9	97,6
4	16.3	106,2	16,1	102,7
5	20.1	110	18,2	109,4
6	21	111,5	19	110
7	23	117	22	115,5
8	25.5	122	24	121
9	28	127,5	27	126
10	32	132	31	132
11	35	137	35	139
12	39	142,5	40	145
13	43	148	44	149

14	48	154	47	151,5
15	53	160	49	152,5
16	56	164,5	51	153
17	58	166	52	153,5
18	60	166,5	53	154

Con base en estos datos se procede a seleccionar el actuador que se adapte a la estructura y tamaño de la silla a ser modificada y sea apto para la población seleccionada, en este sentido el actuador seleccionado es del topo lineal y cuyo modelo es el MAOPINER DE 12 VDC - 900 N (Amazon, s. f.), las características se presentan en la Tabla 2.

Características	Especificaciones
Voltaje nominal	12 VCD
Corriente nominal	3 A
Longitud de carrera	300 mm
Carga	900 N
Ruido	50 dB
Clasificación	IP54

Tabla 2 – Características del actuador lineal

Simulación del sistema de acoplamiento. - Para validar el diseño propuesto del sistema electrónico que permita el funcionamiento del mecanismo de acoplamiento se utilizó el programa Proteus, en el cual se valida que las señales de accionamiento sean las adecuadas para el funcionamiento del mecanismo de acople, esta señales corresponden al sistema de alimentación, para el control del actuador al omento de energizar los relés, de igual forma para cuando se realiza el cambio de giro del actuador al momento de que se realiza el control desde el interruptor.

2.3. Proceso de Implementación de la Propuesta.

La silla de ruedas bipedestadora está desarrollada en función de los elementos descritos, fundamentado en la modificación de una silla funcional de una posición a un sistema de bipedestación eléctrico de dos posiciones siendo este capaz de dar autonomía en cuanto a cambio de postura al usuario, con adecuaciones de control electrónico, alimentación eléctrica y modificación estructural.

Desmontaje y estabilización de estructura de equilibrio. - Inicialmente se procede con el desmontaje de la estructura original de la silla elegida para el proyecto (Figura 5) el sistema plegable y una elevación para postura decúbito supino (boca arriba), se inicia desarmando los sistemas de freno y posteriores sujeciones de pernos y tornillos, cuidando que la estructura base de rodamiento y equilibrio cambie lo menos posible en cuanto a su funcionalidad ya que se cortara articulaciones para poder cambiar la posición de elevación.

Figura 5 – Silla sin modificación

Una vez realizada todas las modificaciones estructurales necesarias se procede a la instalación de todos los elementos necesarios para incluir el mecanismo de bipedestación esto incluye el actuador lineal el cual posee dos acoples esenciales ubicados en la parte central de la barra del asiento y en la parte posterior baja donde se encuentra una barra de las mismas dimensiones que la barra superior, los acoples serán el punto de fijación y movilidad para realizar el trabajo de elevación por niveles según sea la posición deseada por el usuario.

Figura 6 – Silla de ruedas modificada

Para culminar con el ensamblado final se procede a la conexión del sistema de alimentación con una batería de 12 VDC recargable ubicada en la para inferior delantera sobre una base acoplada a la barra estabilizadora, se incluye también un módulo relé de 4 canales con cableado independiente para control del cambio de giro de los motores para la salida y retorno del vástago.

El dispositivo de manipulación para el control de los contactos del relé es un switch de tres posiciones el cual se lo instala en la parte central del posa brazos derecho para una manipulación adecuada del usuario conjuntamente dispone de un switch on /off , para el corte de energía ubicado en el mismo posa brazos en la parte delantera del posa brazo y así optimizar el ahorro de energía de alimentación de la batería, el cableado del sistema eléctrico se lo realiza con cable AWG # 16 acorde a las necesidades de consumo de energía, el dispositivo final se lo muestra en la Figura 5.

3. Resultados

Para la presentación de esta sección en lo referente al dispositivo desarrollado se inicia con los resultados obtenidos del funcionamiento del sistema de elevación mediante el actuador lineal, el cual permite el posicionamiento de una manera paulatina sin esfuerzos ni riesgos para el usuario, esto se lo evidenció mediante pruebas de rendimiento y carga, para lo cual se emplearon pesos de 3 valores que representan el mínimo, medio y máximo como se puede observar en la siguiente Tabla 3.

Peso (kg)	Talla (m)	Edad (años)	Ciclo (seg)
27	1.21	8	15
45	1.55	18	26
60	1.6	20	36

Tabla 3 – Tabla de carga vs. tiempo

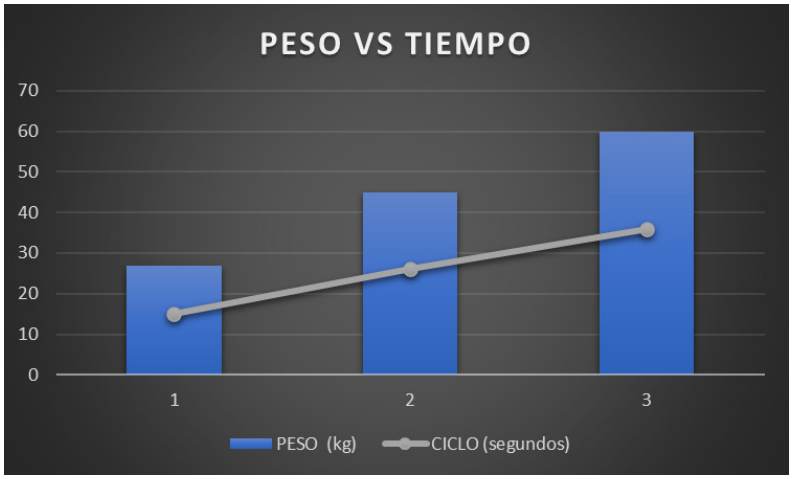


Figura 7 – Rendimiento del actuador lineal

Con base en esta prueba se puede observar en la Figura 6 que a medida que el peso se incrementa el tiempo del ciclo recorrido aumenta por lo que el rendimiento del actuador disminuye.

En lo referente a la autonomía del mecanismo desarrollado lo que incluye al sistema de alimentación este emplea una batería de 12 VDC – 7 A, mediante cálculos se determina el tiempo de duración de la batería antes de que requiera ser cargada y a la vez también se determina la cantidad de veces que es factible de utilizar el actuador de manera óptima.

Potencia nominal de la batería:

$$Pn = V^* I$$

$$Pn = 12\ V * 7\ A$$

$$Pn = 84\ W$$

Potencia nominal del actuador:

$$Pn2 = V^* I$$

$$Pn2 = 12\ V * 3\ A$$

$$Pn2 = 36\ W$$

Cálculo autonomía en horas:

$$Pn / Pn2 = 84 / 36 = 2.33\ [horas]$$

La autonomía de la batería será de 2 horas con 33 minutos recordando que mientras mayor peso la energía que requiera el actuador también será mayor.

Dentro del análisis de costos es factible encontrar en el mercado una variedad de productos que permiten escoger entre calidad y disponibilidad, esto último resulta un punto a favor al momento de realzar el proyecto, ya que es muy complicado una silla de ruedas con mecanismos de bipedestación disponible y a precios alcanzables para la mayor parte de la población, en este sentido se presenta una tabla de costos relacionando la mano de obra, material y costos indirectos que se derivan de la implementación de la silla (Tabla 4).

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
1	*Silla de ruedas funcional*	u	1	$ 150,00	$ 150,00
2	*Actuado lineal 12 VDC*	u	1	$ 78,00	$ 78,00
3	*Módulo relé 4 canales*	u	1	$ 11,83	$ 11,83
4	*Interruptor 3 posiciones*	u	1	$ 5,00	$ 5,00
5	*Interruptor 2 posiciones*	u	1	$ 0,80	$ 0,80
6	*Batería 12 VDC- 7 A*	u	1	$ 25,00	$ 25,00
7	*Caja porta relé*	u	1	$ 5,00	$ 5,00
8	*Kit Cable jumper macho-hembra*	glb	1	$ 1,50	$ 1,50

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
9	*Kit resistencia*	glb	1	$ 1,00	$ 1,00
10	*Cable # 16*	m	10	$ 0,43	$ 4,30
11	*kit pernos*	glb	1	$ 2,50	$ 2,50
12	*kit arandelas*	glb	1	$ 1,20	$ 1,20
13	*Kit tuercas*	glb	1	$ 1,00	$ 1,00
14	*Correa de sujeción batería*	u	1	$ 2,75	$ 2,75
15	*Barra de acero*	u	2	$ 6,50	$ 13,00
16	*Kits terminales tipo U*	glb	1	$ 0,80	$ 0,80
17	*Kit conector tipo pala*	glb	1	$ 0,50	$ 0,50
18	*Platina de acero para batería*	u	2	$ 4,00	$ 8,00
19	*Electrodo de aluminio*	glb	1	$ 4,00	$ 4,00
20	*Alquiler equipos*	glb	1	$ 50,00	$ 50,00
				Sub total	$ 366,18
			costos indirectos		$ 50,00
			mano de obra		$ 300,00

Tabla 4 – Tabla de costos

4. Conclusiones

Los cuadros poblacionales y estadísticas sirven para evidenciar como la discapacidad física a nivel parapléjico, influye en la discriminación que sufren las personas en esta situación, más aún si parte de los elementos que aportan a este comportamiento se relacionan con dificultad de movilidad de las personas, esto suele repercutir que niños entre los 8 a 18 años también desarrollen limitaciones escolares por discapacidad y son relegados de poder tener un educación normal y continua.

El éxito de funcionamiento del proyecto radica en parte a la manipulación realizada a una silla de ruedas fija en la modificación funcional para dotar de mejores características al considerar que la estructura central de equilibrio de la silla no se vea afectada para no generar un debilitamiento de la estructura original, lo que puede llegar a ocasionar un riesgo al usuario cuando la esté utilizando.

El actuador lineal no puede realizar el trabajo para cambiar la posición de la persona en la silla de ruedas por sí solo, debido a que se trata de un elemento cuyo accionamiento se dará en un plano inclinado, por lo que necesita de estructura de apoyo para poder realizar su trabajo a carga plena, a diferencia de tener solo una elevación en un plano horizontal o recto con respecto al punto de accionamiento.

El sistema de control del actuador puede variar dependiendo de factores de carga de alimentación, por lo que al tener un controlador de potencia como un relé permite obtener más opciones de control al emplear niveles de voltaje y corriente elevados.

El consumo de energía esté ligado a la carga o trabajo que realiza el actuador, por lo que a mayor peso la eficiencia del trabajo disminuye en lo que a tiempo de respuesta se refiere mas no a una limitación de funcionamiento, el voltaje de funcionamiento tiene que darse entre 11V a1 12 V ya que si se encuentra entre 9V y 10V el actuador no podrá cumplir con su funcionamiento hasta su recarga plena.

Los recursos económicos son bajos si se compara con la inversión que se daría por adquirir una silla de ruedas con una funcionalidad similar a la obtenida en el presente proyecto, esto permite considera que una opción sostenible en el mercado nacional puede basarse en la modificación estructural de sillas de ruedas fijas.

La silla bipedestadora puede pasar de 2 posiciones a una silla de tres posiciones como lo es de cubito supino siempre y cuando tenga un sistema de apoyo donde el actuador no llegue a sobrecargar el módulo, esto de darse puede derivar en fallos a nivel de voltaje y corriente.

Las pruebas de funcionamiento realizadas incluye la verificación del funcionamiento del mecanismo con niveles de voltaje mínimos y máximos para determinar los pesos con que puede trabajar la silla de ruedas implementa.

Referencias

Amazon. (s. f.). Amazon.com: MAOPINER Actuador lineal DC12V de 6 pulgadas con soporte de montaje 900N (225 libras), elevación máxima de 0.394 in/s para mesa de TV reclinable, cama de masaje, sofá eléctrico actuador lineal: Industrial y Científico. Recuperado 15 de octubre de 2022, de https://www.amazon.com/-/es/MAOPINER-Actuador-elevaci%C3%B3n-reclinable-el%C3%A9ctrica/dp/B091BZQGQB

Banco Mundial. (2021, marzo 19). Discapacidad [Gubernamental]. Discapacidad. https://www.bancomundial.org/es/topic/disability

Camacho Heredia, M. C. (2022). Modelación matemática y simulación del sistema mecánico de una silla de ruedas bipedestadora usando el método de Bond-Graph.

Catoira, J. (2016). Diseño de un mecanismo de incorporación de personas con discapacidad integrado en silla de ruedas [Universidad Pública de Navarra]. https://hdl.handle.net/2454/22253

Chesani, F. H., Mezadri, T., Lacerda, L. L. V. de, Mandy, A., & Nalin, F. (2018). La percepción de la calidad de vida de las personas con discapacidad motora: Las diferencias entre los con silla de ruedas y los deambuladores. Fisioterapia e Pesquisa, 25, 418-424.

Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, C. (2022). Estadísticas de Discapacidad [Gubernamental]. Estadísticas de Discapacidad. https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/

Conza Armijos, C. E. (2021). Análisis de los factores críticos en la ejecución del Proyecto Atención al Hogar y la Comunidad ejecutado por el Ministerio de Inclusión Económica y Social, en el cantón Calvas, provincia de Loja, Ecuador, referente a la atención que reciben las personas con discapacidad, durante el período marzo–diciembre 2020 [Pontificia Universidad Católica del Perú]. http://hdl.handle.net/20.500.12404/22713

Fernández, C. C. A., & Molina, N. V. (2020). Diseño y fabricación de sillas de ruedas: Un proyecto social para donación. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería.

LOH Medical. (2022). Combi silla bipedestadora—Motorizada I Loh Medical. Loh Medical. https://espanol.lohmedical.com/p/silla-bipedestadora-combi/

Mateos Batllori, M. D. M. (2021). Estudio de una herramienta de valoración y compra de sillas de ruedas para interior [B.S. thesis]. Universitat Politècnica de Catalunya.

Pinto Tuapanta, G. M. (2019). Cuidados de Enfermería en paciente con Discapacidad Física. [B.S. thesis]. Babahoyo: UTB-FCS, 2019.

Rodríguez, C. M., Suárez, M. H., & Guerrero, E. S. (2019). Dispositivo para la movilidad autónoma de personas usuarias de sillas de ruedas convencionales. Revista Ingeniería Biomédica, 13(25).

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

Recebido/Submission: 14/07/2022
Aceitação/Acceptance: 25/11/2022

Simulador 3d de un proceso de nivel de un tanque esférico para evaluar controladores

Marco Pilco[1], Marco Pilataxi[1]

mvpilco5@espe.edu.ec; mapilatagsig@espe.edu.ec

[1] Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Av. General Rumiñahui s/n y Ambato, 171103, Sangolqui, Ecuador.

Pages: 158-170

Resumen: La investigación discute el análisis del comportamiento de dos controladores aplicados a la variable de nivel en un tanque esférico mediante simulación utilizando programas de realidad virtual y de análisis matemático, que permiten realizar actividades de entrenamiento para evaluar sistemas de control clásicos y modernos. Mediante Unity 3D se crea una escena donde se encuentra el sistema que contiene elementos creados en 3 dimensiones donde el usuario realiza la inmersión y manipulación de los objetos. Adicionalmente, se realiza la comunicación entre los dos programas haciendo uso de memorias compartidas a fin de ingresar los datos desde Unity y enviar la señal a los controladores creados en Matlab donde se procesan.

Palabras-clave: Realidad virtual; Controlador PID y PI-Fuzzy; Simulación.

3d simulator of a spherical tank level process to evaluate controllers.

Abstract: The research discusses the analysis of the behavior of two controllers applied to the level variable in a spherical tank through simulation using virtual reality and mathematical analysis programs, which allow training activities to evaluate classic and modern control systems. Using Unity 3D, a scene is created where the system is located containing elements created in 3 dimensions where the user performs the immersion and manipulation of objects. Additionally, the communication between the two programs is performed using shared memories in order to enter the data from Unity and send the signal to the controllers created in Matlab where they are processed.

Keywords: Virtual reality; PID and PI-Fuzzy controller; Simulation.

1. Introducción

La medición y control de variables dentro de los procesos industriales y de servicio es un campo de mucha importancia que permite a las empresas generar mejoras de producción en el área: alimenticia, medicina, petrolera, minera, química, metalúrgica entre otras (Berdugo-Correa et al., 2016). Destacando sobre todo variables a nivel

industrial como: nivel, volumen, peso, fuerza, presión, temperatura (González-Filgueira & Permuy, 2018); influyen de una manera específica añadiendo características esenciales a los procesos y productos que diariamente son elaborados en todo el mundo (Melgarejo & Ortigoza, 2021). Existen instrumentos de medida que se utilizan en la industria que cada dia van mejorando a través de los años, conforme la tecnología avanza permitiendo que las lecturas de los valores a medir tengan el mínimo error posible; esto genera que se tenga un mejor control en los procesos y que no se tenga pérdidas de materia prima (Quispe Paredes, 2018). En el control de variables en los procesos se destaca la medición del nivel de líquidos en diferentes industrias de gas y petróleo (Díaz et al., 2018); ya que es vital cuantificar el volumen y masa que tiene los tanques de almacenamiento debido al valor significativo en los procesos (Represa et al., 2020).

El control de nivel en tanques entre ellos los esféricos en la industria ha provocado que se apliquen diferentes tecnologías para evaluar el contenido de manera precisa(Bunce Villacis, 2020). La comunicación de datos entre los diferentes elementos del sistema permite tomar al operador la mejor decisión en las operaciones de un proceso (Paredes Lafuente, 2020). Una lectura inadecuada y la pérdida de datos de medición de la variable de nivel afecta gravemente a las operaciones con tiempos críticos y desconexiones no programadas. La aplicación de la medición de nivel en tanques esféricos está presente dentro de la industria de procesos químicos, en este caso para medir agua, es por eso que las empresas optan por aplicar controladores clásicos y modernos que permitan optimizar los recursos que manejan. Un ejemplo de controlador aplicado es el controlador proporcional integral(PI) que utilizando parámetros de sintonización del método Ziegler-Nichols Tuning logra obtener respuestas favorables (Lakshmanan et al., 2020). Al hablar de tanques esféricos donde el proceso de medición de nivel no es lineal se puede aplicar diversas técnicas como: lógica difusa, redes neuronales, proporcional, integral, derivativo (PID) convencional, soft computing que se pueden discutir tanto para una aplicación de forma real o una simulación (Praveena et al., 2014).

Cada vez es más común utilizar los controladores clásicos y modernos dentro de todos los campos de la industria, pero la base del conocimiento radica en la academia, donde se dan las bases matemáticas y físicas que conllevan el manejo y mejora de estos sistemas. Las universidades e institutos deben utilizar los recursos que tienen para lograr capacitar en el manejo de los sistemas de control, para ello lo realizan mediante maquetas didácticas o en algunos casos lo realizan solo de manera teórica debido a los costos que implica la adquisición de los equipos (Rivera et al., 2021). No obstante, de acuerdo al avance de la globalización, la aplicación de tecnologías inmersivas dentro de la educación superior es de alto impacto(Rodríguez et al., 2022), utilizando herramientas de realidad virtual (VR) y realidad aumentada (AR) donde según Rivera entre otros(Chiliquinga et al., 2021), los estudiantes tienen la capacidad de observar cómo trabaja un sistema sin la necesidad que exista los objetos físicos, generando así una ayuda en el proceso de enseñanza-aprendizaje y evitando que los equipos y que la seguridad del alumno sea afectada (Bermudez et al., 2019). Existen investigaciones realizadas donde se utiliza AR para la formación y entrenamiento en el área de la Mecánica de Automoción para vehículos híbridos, donde el estudiante puede observar la simulación del movimiento de transmisión de los dispositivos divisores de potencia del motor de combustión interna (Rivera et al., 2021). La aplicación de VR es otra

herramienta útil en la educación, un ejemplo de esto es el trabajo realizado en entornos 3D; orientado al control de nivel en un separador horizontal trifásico utilizado en el área petrolera, donde se aplican controladores PID Fuzzy y control predictivo (MPC). Los usuarios a través de la simulación inmersiva de los controladores avanzados pueden verificar el comportamiento de las variables del proceso simulando el manejo de las variables de control al colocar valores deseados (Proaño C. & Andaluz, 2022).

En tenor a lo descrito, el presente trabajo propone la simulación de un proceso de nivel de un tanque esférico mediante un entorno 3D a fin de realizar la evaluación de controladores clásicos como el PID y modernos como el PI Fuzzy. El desarrollo del entorno se efectúa mediante el motor de Unity y está enfocado al proceso de enseñanza aprendizaje en el área de Electromecánica donde se simula el control de nivel de un tanque esférico. La dinámica del proceso del control de nivel, está regido por un modelo matemático multivariable esto significa que, al cambiar las entradas del Process Value (PV) y del error, el sistema reaccionará para satisfacer los requerimientos de operación del Set Point (SP) y Control Value(CV), consiguiendo así, un mayor realismo en el entorno virtual desarrollado.

El trabajo está constituido por 4 Secciones incluyendo la Introducción. La Sección 2 describe los materiales y métodos para el desarrollo del entorno virtual; la Sección 3 presenta los resultados y discusiones obtenidos mediante experimentación y finalmente las conclusiones son presentadas en la Sección 4.

2. Materiales y Métodos

En la presente sección se describen los métodos y materiales a utilizar para el desarrollo del entorno 3D; en donde el proceso de control de nivel se realiza en un tanque esférico

2.1. Proceso de Nivel

El proceso de nivel en estudio está compuesto por un reservorio donde se conectan tuberías que absorbe el líquido para el proceso mediante una bomba, posterior a esto pasa por una llave de paso necesaria para manipular el caudal y un indicador de flujo o rotámetro que permite observar la cantidad de fluido. En la siguiente etapa el líquido llega a un contenedor esférico en donde se realiza el control del nivel mediante la utilización de un sensor ultrasónico que se encuentra ubicado en la parte superior, siendo la parte más importante del proceso. En la parte inferior de la esfera se encuentra una válvula de paso manual que sirve para generar la descarga al reservorio principal para que el proceso continue nuevamente. Adicional cuenta con un bypass que sirve para liberar al sistema de presiones elevadas dentro del proceso.

En el tanque esférico, se considera como entradas del sistema la variación del caudal que ingresa y que sale de la esfera y la salida el volumen de la esfera como se observa en la Figura 1.

Donde LTI es el transmisor indicador de nivel; LIC es el control indicador de nivel; SC es el control de velocidad del motor; FI es el indicador de flujo y todas las denominaciones con V son las válvulas de paso manuales.

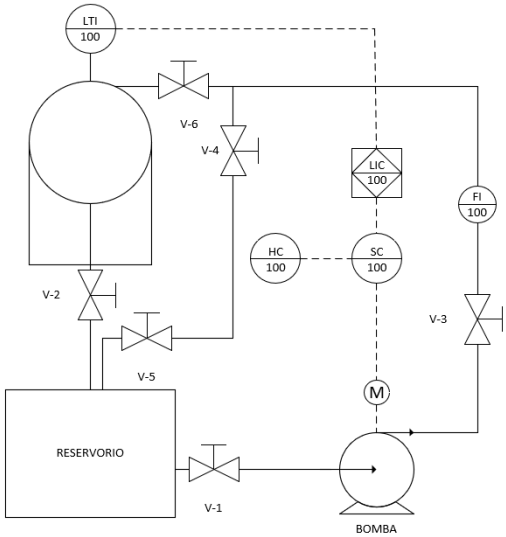


Figura 1 – Diagrama P&ID del proceso de medición de nivel.

2.2. Estructura del Sistema

Para obtener la dinámica del proceso de nivel en el tanque esférico se requiere partir desde la ecuación diferencial presentada en [10]; por ende, se presenta la ecuación (1), la cual está basada en la derivada del volumen con respecto al tiempo, donde: Fin es el caudal de entrada y Fout es el caudal de salida.

$$\frac{dV}{dt} = Fin - Fout \tag{1}$$

Es determinante encontrar el volumen del tanque esférico V; mismo que está gobernado por la ecuación (2) y está basado en la Figura 2; donde se puede apreciar el diagrama de cuerpo libre de un tanque esférico; R es el radio del tanque esférico y h es la altura del nivel del líquido en el tanque.

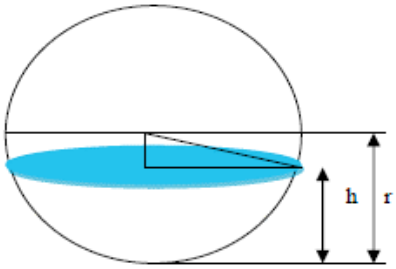


Figura 2 – Diagrama de cuerpo libre del sistema de tanque esférico

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 \tag{2}$$

Para obtener la función de transferencia Gp(s) del sistema MISO, es decir 2 entradas y una salida, que represente la dinámica del proceso; se emplea la ecuación (3), donde K es la Ganancia del proceso; τs es la constante de tiempo y td es el tiempo muerto.

$$Gp(s) = \frac{K}{1+\tau s} e^{-tds} \tag{3}$$

Transformado la ecuación (3) al dominio del tiempo se obtiene los siguiente:

$$T\frac{dy(t)}{dt} = -y(t) + Ku\left(t - \tau_p\right) \tag{4}$$

2.3. Entorno Virtual

En la presente sección se evidencia el desarrollo del entorno virtual mediante Unity dividido en tres etapas: 1) Modelado del entorno 3D; 2) Programación de los scripts del entorno y comportamiento del sistema; y finalmente 3) Comunicación entre Matlab y Unity 3D.

Modelado del Entorno 3D

Para realizar el modelo 3D se crea en un modelo CAD. El entorno principal del control de nivel contiene un recipiente esférico de 50 cm de diámetro, un motor que se encuentra en la parte inferior que permite impulsar el líquido por tuberías de ½ pulgada de diámetro. Se modela un tanque reservorio con sus respectivas llaves de paso de tipo manual, mismas que manipulan el paso del caudal a fin de simular las perturbaciones en el sistema.

Todo el proceso está montado en una estructura metálica que tiene como elemento principal el tanque esférico; en la parte superior del mismo se encuentra un transmisor de nivel ultrasónico que permite controlar el nivel del líquido del sistema, finalmente en la parte inferior del tanque se ubica una llave de paso para descargar el fluido al reservorio. Con el entorno modelado se procede a la respectiva importación desde el software CAD, inicialmente el archivo posee la extensión .STEP, por ende, se debe utilizar el software 3DS MAX a fin de generar un proyecto con extensión .FBX, y poder importarlo desde el Unity 3D en forma de objeto como se observa en la Figura 3.

Programación de los Scripts del Entorno y Comportamiento del Sistema

Para mejorar la inmersión del entorno virtual con los usuarios, es necesario realizar Scripts que controlen y manipulen los elementos a fin de tener comportamientos independientes, estos están creados en lenguaje de programación tipo C# utilizando una metodología experimental. Adicionalmente los scripts permiten la simulación en tiempo real de las variables de control presentes en el tanque esférico. El código desarrollado entabla la comunicación entre el Unity y el Matlab; es decir se simula el llenado del

fluido en el tanque principal y el tanque de respaldo, esta variable evoluciona acorde a la variable de salida del proceso, misma que es recibida desde la función de transferencia en Matlab como se observa en la Figura 4.

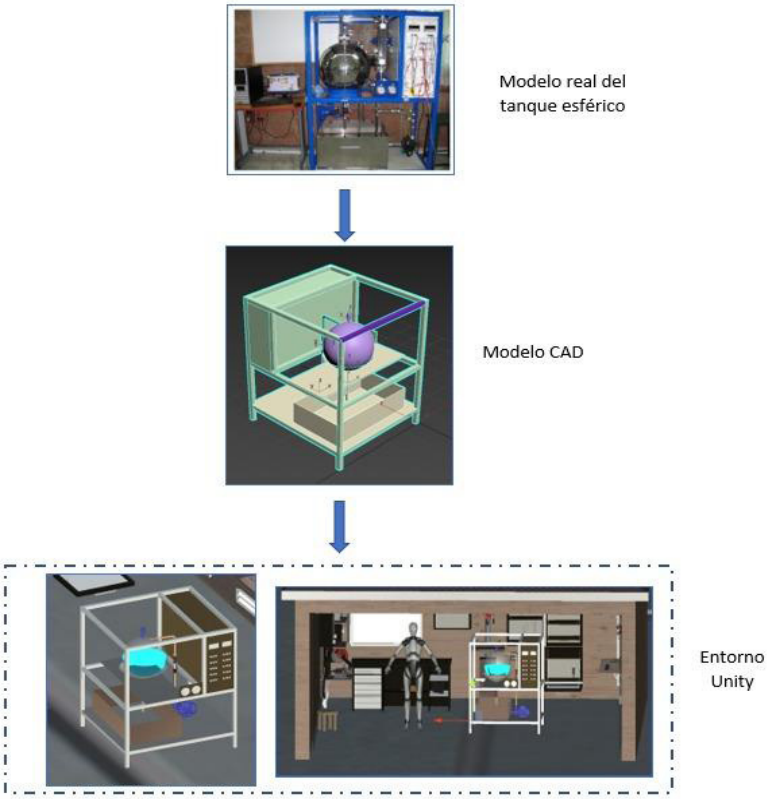


Figura 3 – Modelado del entorno 3D

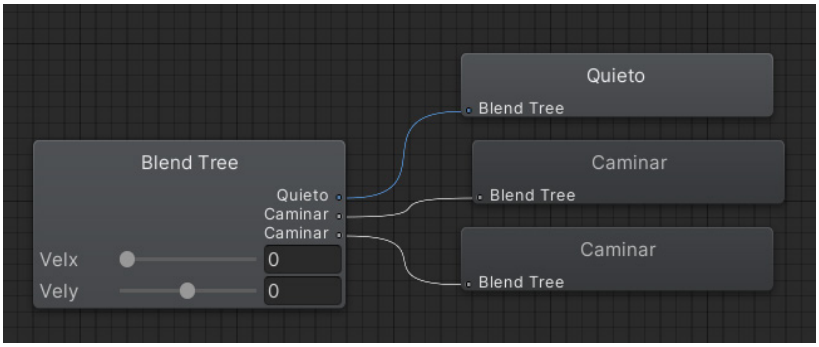


Figura 4 – Scripts de control en Unity.

Comunicación entre Matlab y Unity 3D

La Figura 5 presenta el desarrollo del sistema para el entrenamiento virtual en donde se evidencia el diagrama para la comunicación en tiempo real, misma que es de forma bilateral, es decir mediante memorias compartidas entre el Unity y el software matemático.

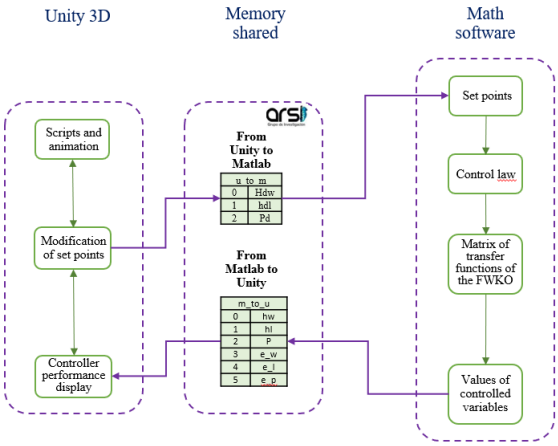


Figura 5 – Comunicación entre Matlab y Unity 3D.

3. Resultados y Discusiones

La presente sección indica el comportamiento del proceso de nivel realizado donde se consideran las siguientes etapas: 1) interacción del usuario y sistema, 2) control del proceso y 3) evaluación de los controladores.

3.1. Interacción del usuario y el sistema

En esta sección se observa la inmersión del usuario en el sistema, donde existe una pantalla de visualización que permite observar el comportamiento de las variables a controlar como se observa en la Figura 6 (a). Para el ingreso de los datos existe en la pantalla un área donde se digita desde el teclado el valor del PV y del error que se quiere ingresar al sistema; en la gráfica se observa cómo se comporta la señal de nivel en referencia al tiempo y en concordancia con los valores del SP y CV como se observa en Figura. 6 (b). Finalmente, el usuario puede desplazarse y mirar la variación de nivel en el sistema como se observa en Figura 6 (c).

3.2. Control del proceso

En la presente sección se detalla los modelos experimentales encontrados en el control de nivel; para lo cual se enfatizó en dos controladores: a) control clásico y b) control moderno.

Control clásico

Se aplica el controlador PID que de acuerdo a (O'dwyer, 2009) el modelo y la estructura se puede observar en la ecuación (5) y Figura 7.

$$C(s) = K_p\left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s\right) \tag{5}$$

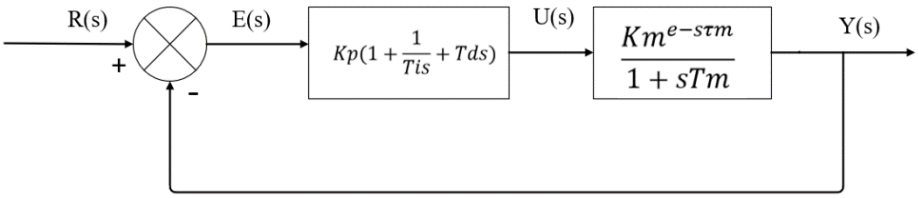


Figura 7 – Estructura del modelo de control PID.

La función de transferencia para la planta en estudio está dada aplicando la ecuación (3):

$$G(s) = \frac{1250}{5498s+1}e^{-4.77s}$$

Como es necesario trabajar en el dominio del tiempo se aplica la ecuación 4 obteniendo lo siguiente:

$$5498\frac{dy(t)}{dt} = -y(t) + 1250u(t-4.77)$$

En el controlador se puede aplicar reglas de sintonía según lo indica la Tabla 1; a fin de verificar que método brinda una mejor respuesta. Por ende, se realizan las pruebas y se observa el comportamiento de las señales de control con cada uno de los métodos de sintonía; de esta manera se elige Cohen Coon, debido a que las constantes de sintonía generan un mejor resultado en concordancia con la simulación realizada en Matlab como se observa en la Figura 8.

Parámetros de sintonía	**Kp**	**Ti**	**Td**
Ziegler Nichols	1.8442	9.54	2.385
Cohen Coon	1.245	11.9206	1.7646
Parr	1.1526	11.925	1.908
Ziegler Nichols	1.8442	9.54	2.385

Tabla 1 – Parámetros de sintonía de los métodos aplicados.

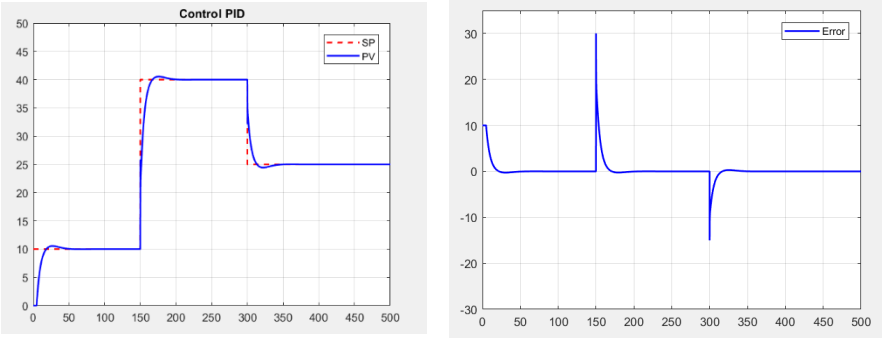


Figura 8 – Señales del controlador PID , a) Señal del PV y SP del controlador PID, b) Señal del error del sistema.

En las pruebas experimentales del controlador se envía una función escalón con el respectivo SP y perturbación con el objetivo de determinar el control óptimo de PV; donde se evidencia la disminución del máximo sobre impulso, se elimina el error en estado estacionario y disminuye el tiempo de establecimiento.

Control moderno

Se aplica el control PI-Fuzzy (Avatefipour et al., 2014) acorde a la estructura que se presenta en la Figura 9.

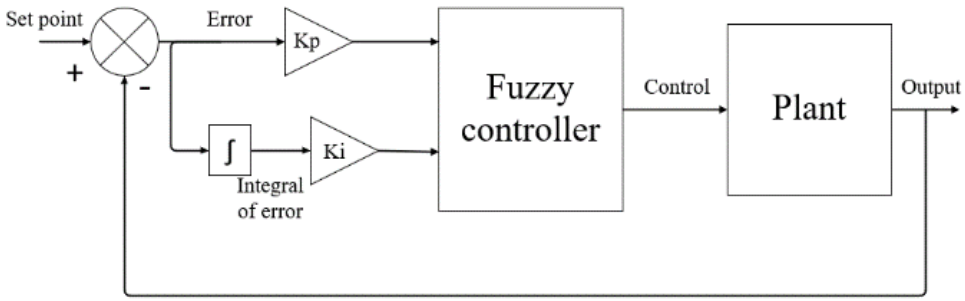
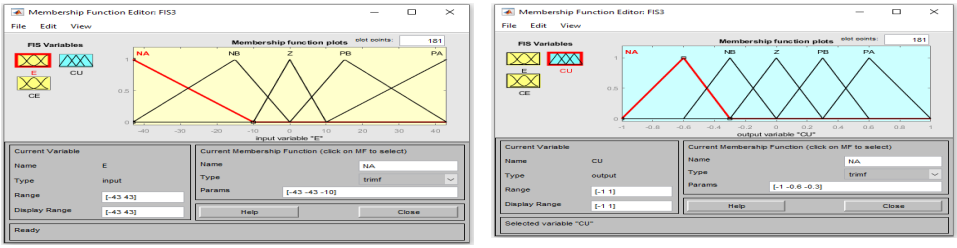


Figura 9 – Estructura del controlador PI-Fuzzy

Para aplicar el controlador es necesario definir las entradas las cuales son: error y la integral del error, adicionalmente para la salida se tiene el control de la variable (CV). Se genera 5 funciones de membresía para cada una de ellas definidas por: Negativo Alto (NA), Negativo Bajo (NB), cero (Z), Positivo Bajo (PB) y Positivo Alto (PA). Las reglas se observan en la Tabla II donde está formado por el error y la sumatoria del error.

e\∑e	NA	NB	Z	PB	PA
NA	NA	NA	NA	NB	Z
NB	NA	NA	NB	Z	PB
Z	NA	NB	Z	PB	PA
PB	NB	Z	PB	PA	PA
PA	Z	PB	PA	PA	PA

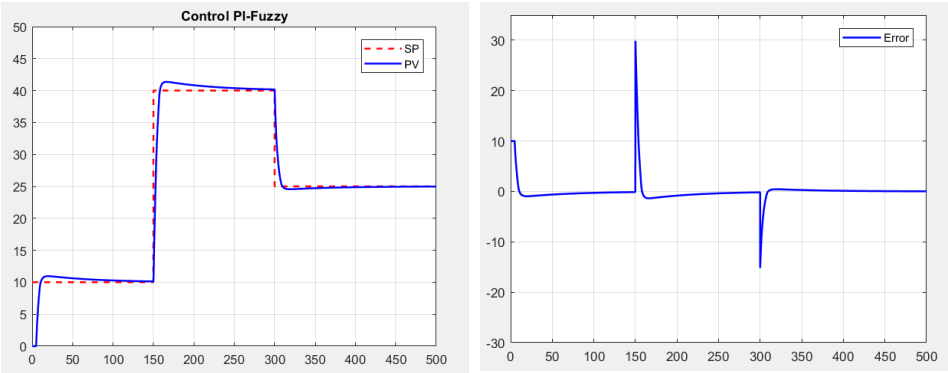
Tabla 2 – Reglas del controlador difuso



a) b)

Figura 10 – Funciones de membresía; a) Función de membresía de la variable de entrada, b) Función de membresía de la variable de salida.

En la Figura 10 se observa que de acuerdo a las reglas propuestas las funciones de membresía de la entrada y salida son triangulares.



a) b)

Figura 11 – Señales de respuesta del controlador PI-Fuzzy;
a) Respuesta del controlador ante una señal escalón, b) Señal del error del sistema.

Como se observa en la Figura 11 en el controlador se envía una función escalón para apreciar el comportamiento de la planta bajo diferentes consideraciones del SP y perturbaciones añadidas. Se aprecia un aumento en el ts la disminución del máximo sobre impulso, se elimina el error en estado estacionario y disminuye el tiempo de establecimiento.

3.3. Evaluación de los controladores

Los resultados que se obtienen al comparar los dos controladores permiten observar algunas características que son resumidas en la Tabla III. La integral absoluta del error (IAE) tiene un menor valor en el controlador PID que significa que existe una menor área bajo la curva con respecto al Set Point provocando el establecimiento de la señal sea más rápida como se observa en la Figura 11 ; el Rise Time o tiempo de subida en el controlador PID es mayor provocando que sea más lento; el Settling Time o tiempo de establecimiento en el PI-Fuzzy es mayor.

En los establecimientos mínimos y máximos se observa no que existe una mayor variación de valores. En el sobrempulso se observa el PID tiene un menor valor y finalmente en el tiempo pico en PID-Fuzzy tiene un menor tiempo de establecimiento.

	PID	**PI-Fuzzy**
IAE:	197.2158	268.7170
RiseTime	10.01040	3.47291
SettlingTime:	37.92308	1.1003e+02
SettlingMin:	18.0488	18.4135
SettlingMax:	20.5452	21.9321
Overshoot:	2.7262	9.3966
Peak:	20.5452	21.9321
PeakTime:	30.6	15

Tabla 3 – Reglas del controlador difuso

Las principales diferencias se pueden observar en los tiempos de establecimiento, en el IAE las cuales pueden definir la elección de uno u otro controlador.

4. Conclusiones

La construcción del entorno virtual está basado en los elementos reales que se tiene en el sistema en estudio, mediante la ayuda de las diferentes herramientas que tiene Unity 3d se logra crear un sistema inmersivo e interactivo para que el usuario pueda realizar actividades de entrenamiento relacionados con el control de nivel.

El diseño de los controladores permite que se pueda conocer cuál de ellos genera un mejor control de la variable de nivel; uno de los principales parámetros de comparación indica que el control del error utilizando PID es mejor comparado con el PID-Fuzzy.

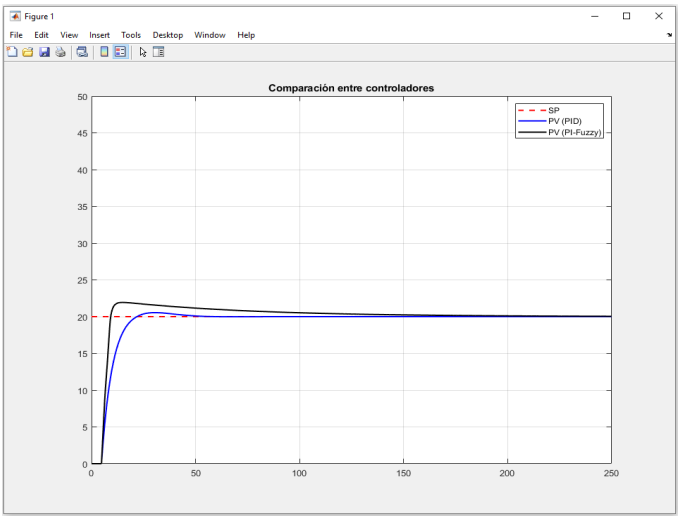


Figura 11 – Señal de comparación entre el controlador PID y PI-Fuzzy

En función de ahorro de recursos y materiales la simulación se realiza en entornos inmersivos como es el Unity 3D enlazado con Matlab. El beneficio para el usuario es que permite analizar el comportamiento de la señal para realizar pruebas y generar actividades de entrenamiento antes de implantar un sistema físico. Como trabajos futuros se pretende analizar otros tipos de controladores modernos como control predictivo y control basado en pasividad que permitan estudiar el comportamiento de planta bajo diferentes perturbaciones presentes en el entorno. Adicionalmente el presente proyecto es la base para diseñar otros procesos de control de sistemas automatizados como presión y temperatura.

Referencias

Berdugo Correa, C. R., Barbosa Correa, R. A. y Prada Angarita, L. M. (2016). Variables relevantes para la medición de la calidad percibida del servicio bancario. DYNA, 83(197), 212–221. https://doi.org/10.15446/dyna.v83n197.55426

C. Melgarejo, C., & Ortigoza, E. (2021, December). Design of a production planning system for a production line of a paint industry. In 2021 IEEE CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON) (pp. 1-6). IEEE

González-Filgueira, G., & Permuy, F. J. R. (2018). Automatización de una planta industrial de alimentación mediante control distribuido. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (27), 1-17.

Quispe Paredes, E. I. (2018). Diseño y Automatización de un Scada para una Planta de Cal en RSVIEW32, Aplicando una Red Industrial Ethernet TCP/IP.

Díaz, A. E., Marín, L. E. O., & González, H. V. (2018). Instrumentación para sistemas automatizados de medición dinámica de hidrocarburos. Ingeniería Solidaria, 14(26), 1-14.

Represa, S., Sanucci, C., & Porta, A. (2020, December). Análisis de los niveles de metano y dióxido de nitrógeno en área de producción petrolera usando el sensor TROPOMI/ Sentinel-5P. In 2020 IEEE Congreso Bienal de Argentina (ARGENCON) (pp. 1-5). IEEE.

Bunce Villacis, M. J. (2020). Elaboración de una guía para medición estática de petróleo e hidrocarburos líquidos en tanques de almacenamiento (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2020.).

Paredes Lafuente, M. (2020). CALCULO DE RECIPIENTE A PRESION ESFERICO PARA ALMACENAMIENTO DE GLP BAJO LA NORMA ASME VIII div. 1 (Doctoral dissertation).

Lakshmanan, M., Chitra, K., & Srinivasan, S. (2020, July). Online Tuning of PI Controller for Spherical Tank System Using Root Locus Technique with Regulatory Operation. In 2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA) (pp. 1035-1041). IEEE.

Praveena, R., Abhinaya, R., Abinaya, S. P., Aishwarya, G., & Kumar, A. (2014, March). Level control of a spherical tank system using conventional & intelligent controllers. In 2014 International Conference on Green Computing Communication and Electrical Engineering (ICGCCEE) (pp. 1-6). IEEE.

Rivera, E. F., Morales, E. E., Florez, C. C., & Toasa, R. M. (2021, September). Development of an Augmented Reality System to Support the Teaching-Learning Process in Automotive Mechatronics. In International Conference on Augmented Reality, Virtual Reality and Computer Graphics (pp. 451-461). Springer, Cham.

Rodríguez, O. I., Panchi, E. I., Catota, M. V., & Andaluz, V. H. (2022). Virtual Learning Environment for a Multivariate System. In Perspectives and Trends in Education and Technology (pp. 661-673). Springer, Singapore.

Chiliquinga, M. D., Mañay, E. D., Rivera, E. F., & Pilco, M. V. (2021, October). Virtual Training System Based on the Physiological Cycle of the Potato INIAP Suprema. In International Symposium on Visual Computing (pp. 512-521). Springer, Cham.

Bermudez, M. P. C., Corredor, C. M., & Rincón, J. C. R. (2019). Realidad aumentada vs. realidad virtual: Una revisión conceptual. Teknos revista científica, 10-19.

Proaño C, Z., & Andaluz, V. H. (2022). Virtual Training System of a Horizontal Three-Phase Separator. In Perspectives and Trends in Education and Technology (pp. 633-647). Springer, Singapore.

O'dwyer, A. (2009). Handbook of PI and PID controller tuning rules. World Scientific.

Avatefipour, O., Piltan, F., Nasrabad, M. R. S., Sahamijoo, G., & Khalilian, A. (2014). Design New Robust Self Tuning Fuzzy Backstopping Methodology. International Journal of Information Engineering & Electronic Business, 6(1).

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

Recebido/Submission: xx/10/2022
Aceitação/Acceptance: xx/12/2022

Propuesta de Modelo Didáctico para la enseñanza de la Física

Maryory Urdaneta[1], René Cortijo[1]

murdaneta@uisrael.edu.ec; recortijo@uisrael.edu.ec

[1] Universidad Tecnológica Israel, 170101, Quito, Ecuador.

Pages: 171-183

Resumen: En este trabajo de investigación se presentan una secuencia de actividades didácticas para la enseñanza de la Física, tomando como referencia el programa de la Física Universitaria, específicamente el tema inicial de vectores. En el diseño de actividades, se detallan los aspectos que se toman en cuenta para la realización de las actividades y luego se detallan las acciones a realizar por los estudiantes, incluyendo el objetivo de cada una de las actividades. En el diseño de ellas se tomó en cuenta el recurso TIC, que busca una mejor comprensión de la materia. Finalmente, este trabajo busca aportar una solución para las dificultades en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Física universitaria, de acuerdo a las exigencias actuales del currículo.

Palabras-clave: aprendizaje; didáctica; enseñanza; Física.

Proposal for a Didactic Model for the Teaching of Physics

Abstract: In this research work, a sequence of didactic activities for the teaching of Physics is presented, taking as a reference the University Physics program, specifically the initial topic of vectors. In the design of activities, the aspects that are taken into account for the realization of the activities are detailed and then the actions to be performed by the students are detailed, including the objective of each of the activities. In the design of these activities, the ICT resource was taken into account, which seeks a better understanding of the subject. Finally, this work seeks to provide a solution to the difficulties in the teaching and learning process of university Physics, according to the current demands of the curriculum.

Keywords: didactic; learning; Physics; teaching.

1. Introducción

La materia de física se encarga de las leyes fundamentales del universo, se encarga de entender y describir la mecánica con que opera el universo. Estas leyes se pueden describir mediante cuatro interacciones fundamentales: gravedad, electromagnetismo, fuerzas nucleares débiles y fuertes (Serway, 2020).

A nivel mundial, la enseñanza de la Física universitaria constituye un tema de preocupación entre los docentes e investigadores de dicha rama, debido al desinterés, altos índices de repitencia y deserción de los estudiantes (Alonso, et. al, 2017). Un gran número de investigaciones señalan que los problemas en la enseñanza de la Física son independientes del nivel de desarrollo de los países, del nivel cultural de la población, del sistema de enseñanza y de la preparación de los docentes encargados de dicha disciplina (Tobón & Perea, 1985).

Arruda & Marin, 2001 afirman que la enseñanza tradicional, que se enfoca en la enseñanza de la parte teórica y la experimental, no fomenta el desarrollo del pensamiento deductivo, lo que conlleva a la poca capacidad de generalizar los conocimientos adquiridos, resultando en un fracaso en el aprendizaje de la Física.

A nivel de bachillerato, los estudiantes tienen deficiencias en la comprensión de los conceptos matemáticos implícitos en los enunciados de problemas de Física, dificultando el proceso de aprendizaje de la misma (Rodríguez & Zambrano, 2019).

Numerosas investigaciones dedicadas a indagar éste problema han reportado que los estudiantes, a nivel de bachillerato y universitario, presentan un razonamiento de sentido común y no un esquema de razonamiento científico, ante una exposición a las leyes o principios fundamentales de la física (William et. al., 2002).

La siguiente investigación busca apoyar la actividad docente, y plantea un modelo didáctico basado en una secuencia de actividades de acuerdo al procedimiento que deben seguir los estudiantes para el aprendizaje de la Física.

2. Metodología

Para desarrollar el modelo didáctico se consideraron los sistemas de representación semiótica propuestos por Raymond Duval (1993), en el cual se tienen en cuenta los diferentes registros de representación y las transformaciones entre ellos, para el tema de vectores y escalares.

Gruszycki et. al (2014) señalan que es muy importante no confundir el objeto con sus distintas representaciones, ya que con el paso del tiempo se puede convertir en un obstáculo cognitivo. De igual manera, es fundamental no confundir entre el objeto y sus diferentes representaciones en el proceso de aprendizaje, debido a que las representaciones son una parte esencial en la actividad cognitiva del pensamiento y para la comunicación.

Los objetos matemáticos tienen la particularidad de que se pueden representar mediante varias formas de representación semiótica, tal es el caso de vectores, pudiendo representar gráficamente, algebraicamente, numéricamente, o en forma de enunciado (Rodríguez, 2021).

Los vectores y escalares utilizan los siguientes registros para representar los objetos matemáticos: lenguaje natural, algebraico, numérico y gráfico:

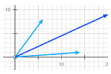
OBJETO	REPRESENTACIONES			
	Lenguaje Natural	**Algebraico**	***Numérico***	**Gráfico**
Vector	Tiene magnitud, dirección y sentido	$\vec{A}$	$(1,2)$	
Magnitud	Es el valor de su longitud	$\lvert\vec{A}\rvert$	$\sqrt{1^2+2^2}=\sqrt{5}$	
Producto Escalar	Resultado de multiplicar un escalar por cada una de las componentes del vector	$k\cdot\vec{A}$	$2\cdot(6,4)=(12,8)$	
Suma de Vectores	Resultado de sumar las componentes respectivas de dos o más vectores	$\vec{A}+\vec{B}$	$(6,8)+(14,1)=(20,9)$	

Tabla 1 – Registros para representar los objetos matemáticos en vectores

De acuerdo a Gruszycki et. al (2014) el primer paso para el aprendizaje de las matemáticas es la capacidad de relacionar diferentes formas de representar los contenidos, en lugar de la escogencia del mejor sistema de representación. De ésta manera, al convertir el enunciado de un problema en una representación gráfica, o numérica facilita el proceso de comprensión y ayuda con el desarrollo y solución del problema.

En la presente investigación se utilizarán los registros antes mencionados para el desarrollo de las actividades, además de incluir el recurso tecnológico (*software* de simulación).

2.1. Registro gráfico

El registro gráfico consiste en la toma de notas gráficas, es decir se toman notas mediante dibujos o representaciones gráficas, lo que contribuye a una retención más prolongada en la memoria (Peralta & Soto, 2003). Dentro del registro gráfico se puede tener la representación cartesiana y la representación polar.

El plano cartesiano está formado por dos rectas numéricas perpendiculares, organizadas de manera horizontal y la otra vertical, las cuales se cortan en un punto. A la recta horizontal se le denomina abscisas o equis (x), y a la recta vertical se le denomina ordenadas o yes, (y); asimismo el punto donde se cortan se llama origen del plano cartesiano. Esta idea también puede extenderse al espacio, en tres coordenadas, pero en esta investigación se trabajará en el plano.

Para representar un punto en el plano cartesiano, se hace mediante un par ordenado (X, Y), en el cual las coordenadas se escriben en orden: primero la coordenada que corresponde a X y luego la coordenada que corresponde a Y. Si X es positivo indica que la coordenada en X aumenta, y si X es negativo señala que disminuye. De igual manera para la coordenada Y, si es positiva la coordenada Y aumenta y si es negativo,

la coordenada Y disminuye. En la Figura 1 se ilustra el punto (3,2) representado en el plano cartesiano.

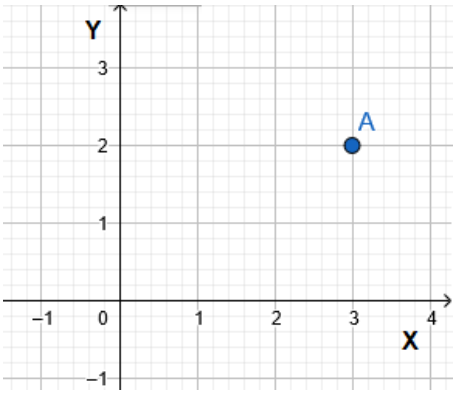


Figura 1 – Representación de un punto en el plano cartesiano

La representación polar es un sistema de coordenadas bidimensional en dónde cada punto se representa por un ángulo y una distancia. El ángulo se mide a partir del eje positivo de las X y la distancia se mide a partir del punto inicial. En la siguiente gráfica se representa el punto (3, 45°) en coordenadas polares.

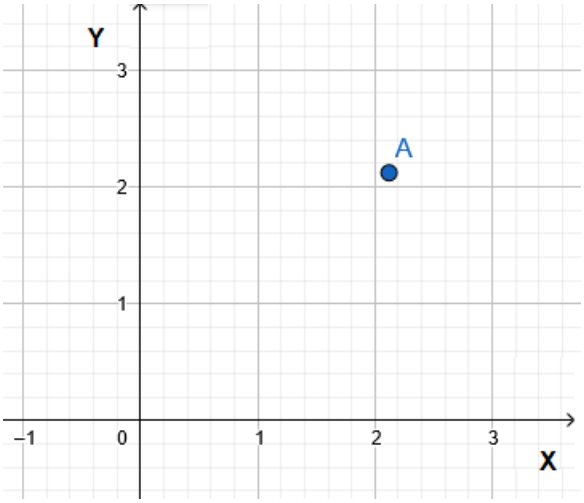


Figura 2 – Representación de un punto en coordenadas polares

2.2. Registro de la lengua natural

El registro de la lengua natural se utiliza para describir situaciones y explicar posibles diferencias entre los objetos, esclarecer dudas que se puedan tener, etc.

Aquí, no se pretende desarrollar el problema en cuestión, lo que se busca es observar, describir, comentar. Éste registro se utiliza para que los estudiantes puedan describir procedimientos utilizados, interpretar imágenes o gráficos. Es posible hacer uso del registro algebraico en el registro de la lengua natural (Contreras et. al 2015).

2.3. Registro algebraico

El registro algebraico se utiliza para la representación por medio de literales cuando el objeto es o no conocido, también puede representar un objeto con ciertas características, o también para suponer alguna operación entre dos o más objetos (Rojas, 2010).

2.4. Registro numérico

El registro numérico se utiliza para situaciones específicas en las que se va a resolver algún problema particular. Los estudiantes utilizan este registro para hacer los cálculos a partir de la información que se les proporciona en el problema y obtener la solución (Castaño, 2014).

2.5. Recurso tecnológico

En la actualidad las herramientas tecnológicas son indispensables para la sociedad y para la construcción del conocimiento matemático. Los recursos tecnológicos pueden ser empleados en el proceso de enseñanza-aprendizaje como objeto de aprendizaje, como medio para aprender y como apoyo para el proceso de aprendizaje. En éste sentido, el software de simulación puede ser de gran apoyo tanto para el docente como para el alumno para su proceso de aprendizaje.

2.6. Estrategia didáctica

La estrategia didáctica que se propone estará dividida en tres fases: en la primera los estudiantes trabajarán de manera individual con el fin de validar los conocimientos y habilidades en la resolución de un problema, en la segunda fase trabajarán en grupos para complementarse, apoyar y observar diferentes destrezas en la resolución de problemas y en la última fase se tendrán discusiones grupales con todo el curso.

3. Resultados

Las actividades didácticas se han planificado de acuerdo al programa de Física, en donde el primer tema es el de Escalares y Vectores, teniendo en cuenta que los estudiantes deben tener conocimientos previos en Matemáticas. Del mismo modo, se espera que los estudiantes tengan un papel activo en el proceso de enseñanza-aprendizaje que se busca promover; utilizando como elemento fundamental la resolución de problemas. El diseño de las actividades está en función de la resolución de problemas en dos momentos diferentes: trabajo individual y trabajo en equipo y finalmente el cierre o discusión grupal, para fomentar el aprendizaje independiente y crítico.

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	TRABAJO INDIVIDUAL	TRABAJO COLABORATIVO	ROL DEL DOCENTE
#1 #2 #3 #4	Vectores unidireccionales Vectores bidireccionales Propiedades de los vectores *Software* de simulación para vectores	Primer acercamiento del estudiante con el problema, cada uno de los estudiantes trabaja según su ritmo, pueden emplear sus propias herramientas y conocimientos, su estilo de aprendizaje.	Tienen la oportunidad de trabajar y aprender de sus compañeros, los estudiantes con dificultades pueden apoyarse del resto de los integrantes del equipo, tienen la oportunidad de exponer sus estrategias ante sus pares, pueden desarrollar habilidades para argumentar y contra argumentar, desarrollan habilidades como comunicar verbalmente sus estrategias y escuchar distintos puntos de vista	Reconocer si el estudiante tiene los conocimientos requeridos para analizar el problema, será observador en los diferentes equipos, interviene cuando lo considera necesario o a solicitud de los integrantes del equipo, identificar las dificultades que se presentan de manera generalizada

Tabla 2 - Actividades propuestas

3.1. Actividad #1: Vectores unidireccionales

El objetivo de ésta actividad es que los estudiantes utilicen los conocimientos sobre las operaciones con números reales (suma, resta), la ubicación de puntos en el plano cartesiano y la representación gráfica de vectores unidireccionales y diferenciar entre recorrido y desplazamiento.

Problema 1: Un vehículo se dirige hacia el Este y a partir de su punto de partida se desplaza 2 km, se detiene y avanza 1 km, vuelve a detenerse y se desplaza 5 km hasta su destino final.

Pregunta 1.1: ¿A qué distancia se encuentra de su punto de partida el vehículo al momento de realizar la segunda parada?

Aquí, los estudiantes deberán expresar los datos del problema en diferentes registros (algebraico, numérico) para dar respuesta a la pregunta. Mediante el registro gráfico, los estudiantes podrán identificar la suma de vectores.

Pregunta 1.2: ¿Cuál es la distancia total que recorrió el vehículo desde su punto de partida hasta su destino final?

Los estudiantes determinarán el recorrido total del vehículo, con la información acerca de los desplazamientos realizados. Con ésta pregunta podrán ver la diferencia entre recorrido y desplazamiento.

Pregunta 1.3: ¿Cuál será el desplazamiento total de una persona que se subió en la segunda parada y terminó el recorrido?

Aquí, los estudiantes deberán expresar los datos del problema en diferentes registros (gráfico, numérico) para dar respuesta a la pregunta. Además, los estudiantes podrán determinar el desplazamiento entre varios puntos.

Pregunta 1.4: Elaborar un diagrama que represente el desplazamiento total de una persona que sube en la primera parada y que llega hasta la tercera parada.

Los estudiantes podrán expresar los desplazamientos de manera gráfica y comparar esa misma información expresada de manera distinta.

Pregunta 1.5: ¿Cuál es la magnitud del desplazamiento total del vehículo?

Los estudiantes podrán identificar la diferencia entre desplazamiento y recorrido.

Pregunta 1.6: ¿Cuál es la dirección del desplazamiento total del vehículo?

Los estudiantes identificarán que un vector se compone no sólo de magnitud, sino también de dirección y sentido.

Pregunta 1.7: Elabora un diagrama que muestre el desplazamiento total del autobús.

Los estudiantes podrán expresar los desplazamientos de manera gráfica y comparar esa misma información expresada de manera distinta.

Problema 2: Un vehículo se dirige hacia el Este y a partir de su punto de partida se desplaza 2 km, se detiene y avanza 1 km, vuelve a detenerse y se desplaza 5 km hasta su destino final.

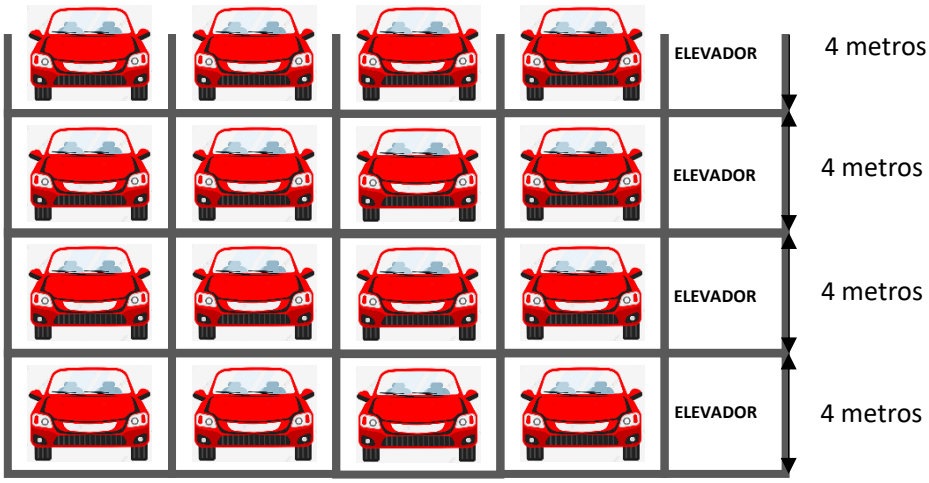


Figura 3 – Representación de un punto en coordenadas polares

Se tiene un estacionamiento vertical de cuatro niveles, el cual tiene un ascensor para las personas discapacitadas. Un día cualquiera, una persona se encuentra en el primer piso y toma el elevador hasta el tercer piso, al llegar allí se da cuenta que en realidad su vehículo se encuentra en el cuarto piso, finalmente recuerda que en realidad su vehículo se encuentra en el segundo piso.

Pregunta 2.1: ¿Cuál será la magnitud del desplazamiento total del elevador que realizó para movilizar a la persona?

En ésta pregunta el estudiante validará sus conocimientos acerca de la suma de vectores que tienen diferentes sentidos.

Pregunta 2.2: Elaborar un diagrama que ilustre todos los desplazamientos realizados por el elevador, y que muestre el vector resultante.

Los estudiantes podrán expresar los desplazamientos de manera gráfica y comparar esa misma información expresada de manera distinta.

Pregunta 2.3: ¿Cuál es la magnitud de los dos últimos desplazamientos realizados por el elevador?

En ésta pregunta el estudiante validará sus conocimientos acerca de la suma de vectores que tienen diferentes sentidos.

Pregunta 2.4: ¿Cuál es la dirección y el sentido de la resultante de los dos últimos desplazamientos realizados por el elevador?

Aquí, los estudiantes validarán las características de un vector (magnitud, dirección y sentido).

Pregunta 2.5: ¿Cuál es la dirección y el sentido del vector suma resultante de los desplazamientos realizados por el elevador?

Los estudiantes validarán las características de un vector (magnitud, dirección y sentido).

3.2. Actividad #2: Vectores bidireccionales

En esta actividad los estudiantes podrán utilizar los conocimientos previos sobre las operaciones con números reales y la representación gráfica de la suma vectorial, además del Teorema de Pitágoras y las funciones trigonométricas para reconocer las diferencias entre recorrido y desplazamiento, y la suma de vectores bidireccionales.

Problema 3: Un excursionista inicia una excursión caminando primero 35 km al sureste desde su campamento base, el segundo día camina 45 Km en una dirección 45° al norte del este, punto en el cual descubre una torre de un guardabosque, en dónde le pregunta acerca de unas cascadas que desea visitar. De acuerdo a las indicaciones del guardabosque puede visitar alguna de las dos cascadas:

1era opción: Primero se desplaza 30 Km. hacia el este y luego 5 Km. hacia el norte.

2da opción: Primero se desplaza 20 Km. hacia el este y luego 15 Km. con una dirección de 30° EN.

Pregunta 3.1. Realizar un diagrama de los desplazamientos realizados por el excursionista, en caso de visitar las dos cascadas.

Por medio de ésta pregunta se busca que el estudiante pueda expresar la información en otro tipo de registro, cómo por ejemplo el gráfico, lo cual permitirá analizar las características de la situación planteada.

Pregunta 3.2. Describir el recorrido total realizado, en los dos casos.

En ésta pregunta, el estudiante deberá describir lo que sucede con el vector bidireccional, cómo resultado del desplazamiento en varios recorridos. El estudiante deberá identificar si cada uno de los recorridos es único o no.

Pregunta 3.3. Describir gráficamente cual es el desplazamiento total, en los dos casos.

Los estudiantes deberán describir los desplazamientos en el registro gráfico, para así poder entender y diseñar la estrategia para resolver el problema, mediante la suma de vectores.

Pregunta 3.4. ¿Cuál es la magnitud del desplazamiento total que realizó el excursionista? En los dos casos.

Aquí, los estudiantes deberán utilizar las distintas transformaciones para representar los desplazamientos dentro del mismo gráfico.

Pregunta 3.5. ¿Cuál es el ángulo que determina la dirección y sentido del desplazamiento total que realizó el excursionista? En los dos casos.

Los estudiantes deberán utilizar las distintas representaciones para la suma de vectores.

Problema 4: Un camión de reparto realiza los siguientes desplazamientos sucesivos, tal como se muestra en la Tabla 3:

Desplazamiento	Magnitud	Ángulo
Primero	2 km	35°
Segundo	1 km	50°
Tercero	3 km	75°

Tabla 3 – Desplazamientos realizados en el problema 4

Pregunta 4.1.- ¿Cuál es la magnitud y el ángulo que determina la dirección y el sentido del desplazamiento total del camión una vez que realiza los dos primeros desplazamientos?

Los estudiantes deben analizar la información presentada y hacer una conversión para poderla representar de manera gráfica. En esta pregunta, los estudiantes pueden utilizar las funciones trigonométricas para graficar y representar los desplazamientos.

Pregunta 4.2. ¿Cuál es la magnitud y el ángulo que determina la dirección y el sentido del desplazamiento total del camión desde que parte del primer desplazamiento hasta el último?

Los estudiantes deben interpretar la información proporcionada y hacer una conversión al representarla de manera gráfica, lo que les permitirá buscar estrategias para la solución del problema.

Pregunta 4.3. Si el camión realiza un cuarto desplazamiento y el desplazamiento total es de 9 Km. con un ángulo de 125°, ¿cuáles serán las características del cuarto desplazamiento?

Los estudiantes deben aplicar las propiedades de la suma de vectores.

3.3. Actividad #3: Propiedades de los vectores

En esta actividad los estudiantes aplicarán los conocimientos sobre la suma de vectores, para identificar las propiedades de los vectores.

Problema 5: Cuatro fuerzas actúan sobre una partícula, que se ubica en el origen del plano cartesiano, tal como se muestra en la Figura 4.

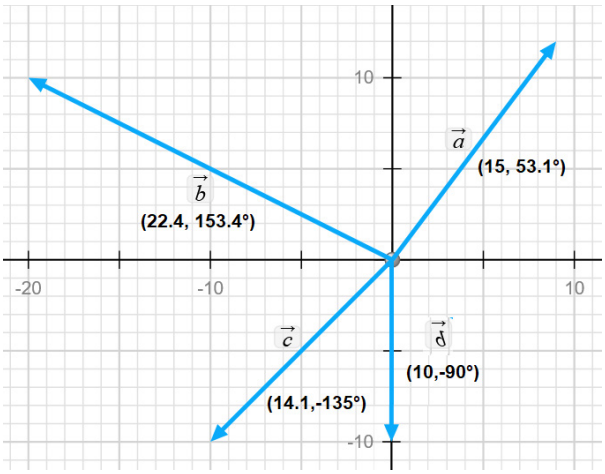


Figura 4 – *Fuerzas actuando sobre una partícula*

Pregunta 4.1. ¿Cuál es la magnitud de la fuerza total que está recibiendo la partícula?

La intención de ésta pregunta es que el estudiante pueda interpretar la información indicada y llevarla a un registro gráfico, seguidamente deberá realizar las conversiones necesarias para transformar de coordenadas polares a coordenadas cartesianas.

Pregunta 4.2. Si la partícula pudiera moverse, ¿en qué dirección saldría disparada?

En ésta pregunta, el estudiante podrá obtener el vector resultante al sumar todas las fuerzas, utilizando las conversiones correspondientes.

Pregunta 4.3. ¿Cuál es la magnitud y dirección de la fuerza resultante si las fuerzas se suman manteniendo el siguiente orden horario?

El estudiante podrá comprobar las propiedades asociativa y conmutativa.

Pregunta 4.4. ¿Cuál debe ser la magnitud y dirección de la fuerza que al sumarse al grupo de fuerzas hace que la partícula no se mueva?

Aquí, el estudiante podrá comprobar la propiedad del inverso aditivo.

3.4. Actividad #4: Software de simulación

En esta actividad los estudiantes podrán validar los conocimientos adquiridos por medio de un *software* de simulación (PHET).

Problema 5.1: Grafique los vectores $\vec{a} = (12, 41.6°)$ y $\vec{b} = (10, 143.1°)$

Utilizando el *software* de simulación, obtenga las coordenadas cartesianas de cada uno de los vectores y complete la siguiente tabla:

Vector	Coordenadas Polares	Coordenadas Cartesianas
a		
b		

Tabla 4 – Actividades a completar en el problema 5.1

Realice la suma geométrica de los vectores $\vec{a} + \vec{b}$.

Calcular la magnitud y ángulo del vector suma resultante $\vec{a} + \vec{b}$.

Expresar el vector suma $\vec{a} + \vec{b}$ en coordenadas cartesianas y polares.

Comparar los valores obtenidos con los arrojados por el software de simulación.

Realice la suma geométrica de los vectores $\vec{b} + \vec{a}$.

Calcular la magnitud y ángulo del vector suma resultante $\vec{b} + \vec{a}$.

Expresar el vector suma $\vec{b} + \vec{a}$ en coordenadas cartesianas y polares.

Comparar los valores obtenidos con los arrojados por el software de simulación.

Problema 5.2: Grafique los vectores $\vec{a} = (10, 36.9°)$ y $\vec{b} = (5, 126.9°)$ y $\vec{c} = (4.5, -116.6°)$

Utilizando el *software* de simulación, obtenga las coordenadas cartesianas de cada uno de los vectores y complete la siguiente tabla:

Vector	Coordenadas Polares	Coordenadas Cartesianas
a		
b		
c		

Tabla 5 – Actividades a completar en el problema 5.2

Realice la suma geométrica de los vectores $(\vec{a}+\vec{b})+\vec{c}$.

Calcular la magnitud y ángulo del vector suma resultante $(\vec{a}+\vec{b})+\vec{c}$.

Expresar el vector suma $(\vec{a}+\vec{b})+\vec{c}$ en coordenadas cartesianas y polares.

Comparar los valores obtenidos con los arrojados por el *software* de simulación.

Realice la suma geométrica de los vectores $\vec{a}+(\vec{b}+\vec{c})$.

Calcular la magnitud y ángulo del vector suma resultante $\vec{a}+(\vec{b}+\vec{c})$.

Expresar el vector suma $\vec{a}+(\vec{b}+\vec{c})$ en coordenadas cartesianas y polares.

Comparar los valores obtenidos con los arrojados por el software de simulación.

4. Conclusiones

La elaboración de la secuencia de actividades didácticas para el curso inicial de Física presentó un gran desafío, ya que su objetivo principal es el de promover la participación activa de los estudiantes en la resolución de las actividades planteadas, siguiendo la teoría de que la acción del estudiante es lo que le permite construir el significado del objeto matemático vector y en particular lo referente a la suma vectorial en coordenadas cartesianas.

De la misma manera, un gran desafío fue la estructuración de las actividades didácticas con una lógica que manifieste relación entre ellas, teniendo en cuenta tanto el contenido como el propósito, y no cómo actividades independientes. Se logró articular las competencias básicas científicas con la necesidad de los estudiantes, fundamentada en la instrucción por pares. La instrucción por pares permitirá aumentar las competencias básicas del siglo XXI, tales como empatía y confianza mutua, pensamiento crítico y construcción del conocimiento.

Para el diseño de las actividades es fundamental además del conocimiento en la materia, la experiencia en la enseñanza de la física y finalmente el conocimiento en el software de simulación geogebra. De igual manera, es sumamente importante la consideración de utilizar dos momentos, uno para el trabajo individual y otro para el trabajo grupal.

Se recomienda realizer una orientación previa relacionada con las actividades a desarrollar para identificar la comprensión adecuada por parte de los estudiantes.

Referencias

Alonso, D. M., Pueyo, A. P., Giménez, A. M., Río, J. F., & Saborit, J. A. P. (2017). Análisis del desarrollo curricular de la Educación Física en la Enseñanza Secundaria Obligatoria: Comparación de los currículos autonómicos. Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación, (31), 82-87

Arruda, J.R.C & Marin, J.A. Un Sistema Didáctico para la Enseñanza-Aprendizaje de la Física. Rev. Bras. de Ens. De Física, 23, no. 3, Septiembre, 2001.

Castaño García, J. (2014). Conversión de representaciones semióticas de un registro numérico a otro y construcción de significados. Universitat Autònoma de Barcelona,.

Contreras, L. A. J., Escobar, R. F. C., & Suárez, C. A. H. (2015). Planteamiento de una ecuación diferencial lineal de primer orden que modela un problema de mezclas: Una dificultad en la movilización entre registros de representación, lengua natural y algebraico. Elementos, 5(5).

Duval, R. (1993), Registros de representaciones semióticas y funcionamiento cognitivo del pensamiento, traducción para fines educativos (Hitt F., Ojeda A.), Departamento de matemática Educativa del Cinvestav-IPN, 1997, México.

Gruszycki, A., Oteiza, L., Maras, P., Gruszycki, L., & Ballés, H. (2014). GeoGebra y los sistemas de representación semióticos.

Elizondo Treviño, M. D. S. (2013). Dificultades en el proceso enseñanza aprendizaje de la Física. Presencia universitaria, 3(5), 70-77.

Peralta, J., & Soto, L. (2003). Dificultades para articular los registros, gráfico, algebraico, tabular: el caso de la función lineal. Acta latinoamericana de Matemática Educativa, 16(2), 721-727.

Rodríguez, A. (2021). Estrategia didáctica para el Proceso Enseñanza-Aprendizaje contextualizado de matemáticas discretas en Tecnologías de la Información. Serie Científica de La Universidad de Las Ciencias Informáticas, 14(1), 69-83.

Rodríguez Plaza, M. D. P., & Zambrano Cerón, G. S. (2019). Las TIC, una apuesta para la enseñanza de las matemáticas y la física en la educación media.

William, J. L., Gerace, W. J., & Dufresne, R. J. (2002). Resolución de problemas basada en el análisis. Hacer del análisis y del razonamiento el foco de la enseñanza de la física. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 387-400.

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

Recebido/Submission: 12/07/2022
Aceitação/Acceptance: 28/11/2022

Implementación de una antena Yagi y Biquad a una frecuencia de 900 MHz, con módulo LoRa, para un laboratorio de bajo costo

Flavio Morales[1], Santiago Pacheco[2], Cristina Alfaro[3], Emanuel González[4]

fmorales@uisrael.edu.ec; e1723566236@uisrael.edu.ec; e1720377470@uisrael.edu.ec; eegonzalez@uisrael.edu.ec

[1] Universidad Tecnológica Israel, Quito, Ecuador

Pages: 184-197

Resumen: Laboratorios especializados cuentan con antenas y equipamiento que permite el diseño, optimización e implementación con prototipos tanto para transmisión como recepción de información. Para la carrera de telecomunicaciones es imperativo que los conocimientos teóricos adquiridos se afiancen de manera correcta con una buena experiencia práctica. Equipar los laboratorios de las universidades representa una ventaja que permite el aprendizaje significativo, mediante prácticas de laboratorio con los estudiantes. Este documento de investigación presenta la implementación de forma artesanal de una antena Yagi y Biquad con la incorporación de un módulo de largo alcance (LoRa). Esto va dirigido a un entorno práctico que permita a los estudiantes analizar las propiedades de transmisión y reflexión (parámetros S) de las antenas, cuyos resultados serán desplegados en un equipo analizador vectorial de redes (VNA), así como, la pérdida de paquetes en la transmisión de datos medido bajo variables de humedad y temperatura.

Palabras-clave: Yagi, Biquad, antena, LoRa, laboratorio, VNA y HFSS.

Implementation of a Yagi and Biquad antenna at a frequency of 900 MHz, with LoRa module, for a low-cost laboratory

Abstract: Specialized laboratories have antennas and equipment that allow the design, optimization and implementation with prototypes for both transmission and reception of information. For telecommunications careers, it is imperative that the theoretical knowledge acquired is properly reinforced with a good practical experience. Equipping university laboratories represents an advantage that allows significant learning through laboratory practices with students. This research paper presents the handmade implementation of a Yagi and Biquad antenna with the incorporation of a long range module (LoRa). This is aimed at a practical environment that allows students to analyze the transmission and reflection properties (S-parameters) of the antennas, whose results will be displayed in a vector network analyzer (VNA) equipment, as well as, the packet loss in data transmission measured under humidity and temperature variables.

Keywords: Yagi, Biquad, antenna, LoRa, lab, VNA and HFSS.

1. Introducción

Según (González, 2020) la mayoría de universidades del país cuentan con laboratorios de Radiofrecuencia y Microonda para el estudio de antenas. Estos laboratorios se utilizan para proporcionar experiencia práctica en diseño, fabricación y pruebas, en diferentes prototipos de medios de transmisión y recepción. Generalmente estos laboratorios incluyen: componentes, software de diseño, equipos de test y medida; etc. Si bien es cierto que estos laboratorios están equipados con tecnología de punta, su costo es extremadamente alto, debido a que la mayoría cuenta con dispositivos como Analizador Vectorial de Redes (VNA) y Analizador Escalar de Redes (SNA).

Dispositivos fabricados de forma artesanal por los propios estudiantes aporta a la práctica en los laboratorios como lo menciona (Suntasig, 2022) en su implementación de antena utilizada en un laboratorio con el fin de realizar prácticas de medición de parámetros con un equipo VNA. Además, permite comparar su rendimiento cuando se conecta a un receptor de señales de TV digital con respecto a otro tipo de diseños existentes.

Ayala Chávez, O. A (2015) dice que las antenas Yagi son muy utilizadas en el campo de las telecomunicaciones ya que permiten trabajar a diferentes frecuencias de transmisión y recepción de señales, para su diseño se utiliza el método tradicional basado en la frecuencia de resonancia de la antena y por consecuencia la longitud de onda. Este método ha logrado obtener características de radiación importantes como alta directividad, alta relación frontal trasera y fácil acoplamiento de impedancias, razón por la cual estas antenas han sido objeto de experimentación y análisis exhaustivos. La eficiencia en este tipo de antenas está estrictamente ligada a sus dimensiones físicas, lo que brinda la posibilidad de realizar mejoras y optimizaciones.

Una de las antenas más usadas por aficionados en internet es la antena Biquad. Su característica fundamental es que posee un buen ancho de banda para diversas aplicaciones y en Wi-Fi puede cubrir todos los canales manteniendo sus características radioeléctricas. Una antena Biquad se constituye de antenas de bucle único (Quad) que a su vez forman una matriz en donde cada una de ellas es un componente excitado (Casanova, D. B., & Rodríguez, T. E. C)

La investigación realizada, parte de la necesidad de complementar la parte teórica conjuntamente con el enfoque práctico, para lo cual se requiere un laboratorio de bajo costo de microonda y radiofrecuencia, y contar con un equipo VNA, capaz de analizar las propiedades de reflexión y transmisión (parámetros S) y diseños de diferentes elementos de transmisión, en este caso, antenas Yagi y Biquad que incorporan un módulo LoRa, tecnología inmune a interferencias y con resultados favorables en la transmisión a larga distancia con una comunicación estable en tiempo real, sin línea de vista a través de obstáculos, como lo menciona (Morales, 2021). De esta forma se espera afianzar los conocimientos de los estudiantes para que su aprendizaje sea significativo al integrarlo con la parte práctica. Ya que como lo indica (Morales, 2020) con esto se pretende que más adelante, los estudiantes, puedan desarrollar otro tipo de dispositivos de microondas y antenas, los cuales puedan formar parte de un laboratorio de bajo costo.

Para la implementación de las antenas se inicia con cálculos matemáticos provenientes de datos teóricos para establecer un diseño general, tomando en cuenta consideraciones y ajustes para cumplir con los parámetros planteados, sobre todo que tienen que ver con la frecuencia de operación de 900 MHz. Como herramienta de simulación se utilizó el software de estructuras de alta frecuencia (HFSS), el cual permite realizar el proceso de optimización del diseño antes de pasar a la fabricación. El método de fabricación de las antenas fue artesanal.

El documento está organizado en cuatro secciones claramente definidas: la sección 1 muestra una breve Introducción, en la sección 2 se presenta la Propuesta que incluye cálculos, diseño, simulación, optimización y fabricación de las antenas. En la sección 3 se detallan los resultados obtenidos mediante la caracterización y verificación del correcto funcionamiento de las antenas, mediante un VNA. Finalmente, en la sección 4, se presentan las conclusiones y trabajos futuros.

2. Propuesta

2.1. Cálculos para diseño de Antena Biquad

La longitud de onda es una magnitud cuyo valor representa una distancia real o física existente entre un par de puntos de donde parte la afirmación de que la onda se repite (Balanis, 2016). La longitud de onda juega un papel importante en el diseño de la antena, puesto que a partir de aquí se obtienen los datos de dimensionamiento. Para los cálculos de diseño se emplearon fórmulas (Stutzman, W. L. & Thiele, G. A., 2012) y (Hernández, 2017).

$$\lambda = \frac{c}{fo} \tag{1}$$

Donde c corresponde a la velocidad de la luz y fo a la frecuencia de operación deseada de la antena. Por consiguiente, la longitud de onda correspondiente a 915 MHz será λ=327 mm.

El valor de longitud de cada arista de los cuadrantes del elemento radiante de la antena deberá ser igual a 1/4 de la longitud de onda obtenida o lo que equivale al 25% de la misma. La longitud de cada arista del elemento radiante se denominará L_a

$$La = \frac{1}{4}\lambda \tag{2}$$

Para una longitud de onda de 324 mm, cada lado del cuadrante tendrá una longitud de 81mm.

Para calcular la distancia entre el reflector y la antena se usará D_{ra} y es igual a la octava parte de una longitud de onda.

$$D_{ra} = \frac{1}{8}\lambda \tag{3}$$

Conociendo que la longitud de onda es de 324 mm, la distancia será de 40,5 mm.

Cálculos para diseño de Antena Yagi

Para el diseño de la antena Yagi se trabajará con una frecuencia de 925.9 MHz.

Se calcula la longitud de onda lambda (λ)

$$\lambda = \frac{c}{fo}$$

Por consiguiente, la longitud de onda correspondiente a 925.9 MHz será λ=324 mm.

La longitud del reflector es aproximadamente 5% mayor que el dipolo, se tiene que tomar en cuenta que el reflector no debe ser menor al dipolo, ya que puede producir daños dentro de la antena, impidiendo su correcto funcionamiento.

$$LR = \frac{\lambda}{2} \tag{4}$$

$$LR = 162\ mm$$

La longitud del dipolo es la mitad de la longitud de onda del reflector.

$$l = \frac{LR}{2} \tag{5}$$

$$l = 81\ mm$$

La longitud del dipolo es de 81 mm.

Esta será la dimensión teórica ideal que se usará para el diseño de la antena, hay que tomar en cuenta que dentro de la práctica los brazos del dipolo son más cortos, esto debido a que dentro de los brazos del dipolo se tendrá una corriente de conducción que al momento de llegar a la orilla producirá un campo extra o campo de contorno, el cual genera un alargamiento eléctrico al momento de alimentar el dipolo y generará una distribución de corriente que irá cambiando.

Con base en lo mencionado en el párrafo anterior, se establece una longitud de dipolo desde 0.47 a 0.49 lambda, y no media longitud de onda, haciendo que el campo de contorno llegue a 0.5 lambda trabajando así a la frecuencia deseada.

$$l = 0.47(\lambda) \tag{6}$$

$$l = 76.14\ mm$$

La longitud del director puede tener mayores variaciones en sus resultados debido a que su longitud puede ser entre 0.25 λ y 0.43 λ y se calcula multiplicando el rango de longitud establecido por λ, en esta ocasión se decidió trabajar con 0.43λ (Stutzman, W. L. & Thiele, G. A., 2012)

$$Ld = 0.43 * (\lambda) \tag{7}$$

$$Ld = 139.32\ mm$$

La separación entre el reflector y el dipolo varía entre 0.15 λ a 0.25 λ.

$$SR = 0.25 * (\lambda) \tag{8}$$

$$SR = 81\ mm$$

La distancia entre los directores varía desde 0.20 λ a 0.35 λ.

$$SD = 0.3 * (\lambda) \tag{9}$$

$$SD = 97.2\ mm$$

Como paso final se calcula la separación entre los brazos del dipolo, y se toma en cuenta el radio que será medido directamente desde el tubo de cobre a usar para la construcción de la antena.

$$Gap = Rad_{dipolo} * 4 \tag{10}$$

$Gap = 10$

Diseño en HFSS

Los valores calculados e ingresados como propiedades de diseño son teóricos y en tal virtud se ve necesaria la optimización mediante el software HFSS.

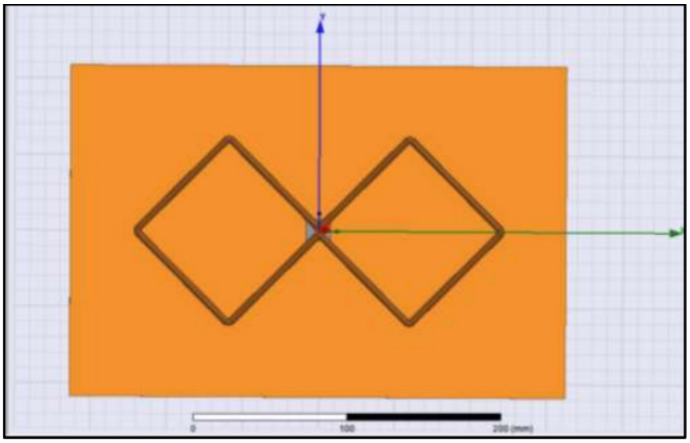


Figura 1 – Antena Biquad en HFSS

Dentro de las propiedades de diseño no se ha colocado las dimensiones del elemento reflector de la antena y se debe trabajar con valores que deberán estar aproximadamente oscilando en su altura y dimensión horizontal, de tal manera que la antena siempre sea cubierta por el elemento reflectante, teniendo entre un 25% a un 30% más del tamaño del elemento radiante. La distancia o longitud excesiva tanto en la parte superior como la parte inferior de la antena debe ser simétrica, así como también la longitud en el lado izquierdo y en el lado derecho. Las Figuras 1 y 2 muestran los diseños de las antenas obtenidos a partir del software HFSS.

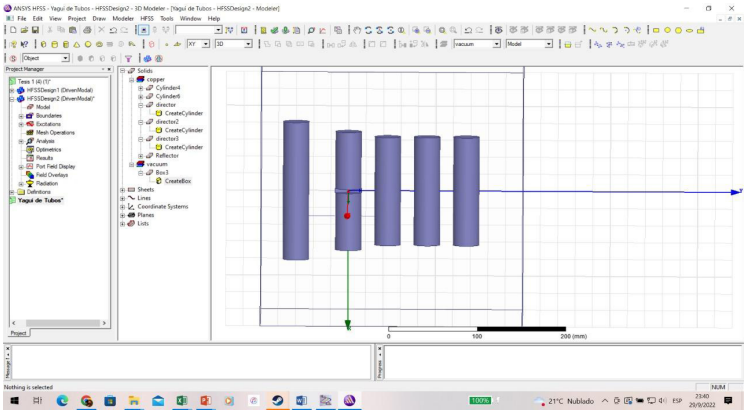


Figura 2 – Antena Yagi en HFSS

A continuación, se muestra la ganancia de cada antena, obtenida mediante el software HFSS, los cuales representan valores típicos, 10 dBi y 2.63 dBi respectivamente como se aprecia en las Figuras 3 y 4 respectivamente.

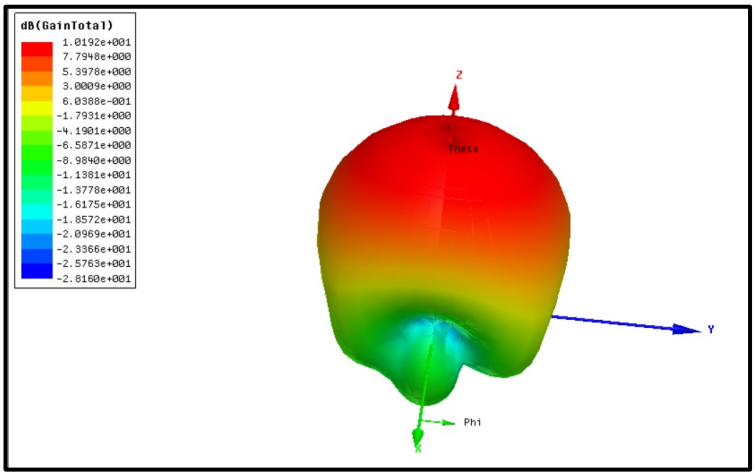


Figura 3 – Ganancia antena Biquad en HFSS

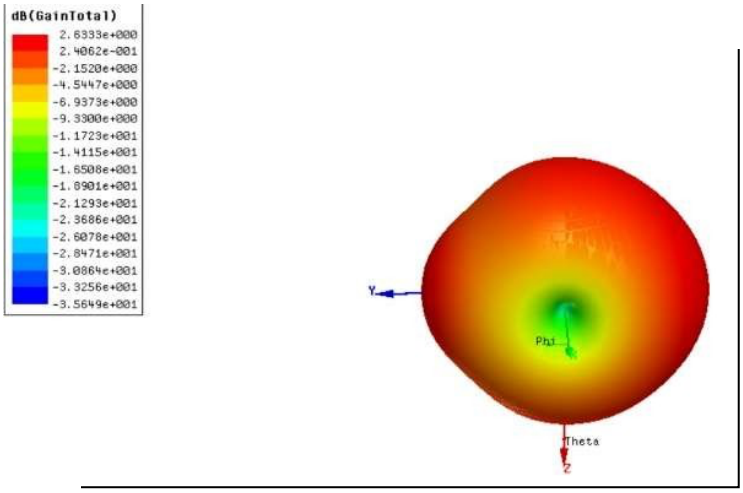


Figura 4 – Ganancia antena Yagi en HFSS

2.4. Implementación

Para la implementación de la antena Biquad, se requiere reproducir de manera artesanal los cuadrantes. Esto se logra mediante el empleo de cable de cobre sólido número 10 que resulta ser eficiente debido a la rigidez que este posee, permitiendo dotar a la antena de robustez. La baquelita cuyas dimensiones en el mercado son las mismas que una hoja de papel de tamaño A4 cumplirá el papel de reflector, para esto se ubicará el punto central y mediante la utilización de una broca, se creará el orificio por donde ingresará el conector tipo N Hembra del pigtail tipo N a SMA. Con las tuercas de sujeción se ensambla el conector tipo N a la baquelita. Cómo parte final de la implementación se deberá soldar la esquina interna superior del elemento radiante al punto positivo del conector N Hembra, con un cable con dos puntos de suelda. Es importante recalcar que las dos puntas internas del elemento radiante no deben hacer contacto en ningún momento; es decir, deben estar aisladas la una de la otra y los cables que servirán de conexión de igual manera.

Debido a que el módulo LoRa posee el puerto RPSMA resulta sumamente sencillo el cambio de la antena de fabricante por la antena implementada, que conjuntamente con la programación estará listo para ser sometido a las respectivas pruebas de funcionamiento. Adicionalmente, se coloca un adaptador RPSMA macho a SMA macho, debido a que el pigtail con conector tipo N tiene un puerto SMA hembra en el otro extremo, y sin esta adaptación las pruebas en el equipo VNA no serían posibles sin el adaptador. La Figura 5 muestra la antena implementada.

Para la implementación de la antena Yagi se realizó una optimización de datos debido a que el VNA mostró una frecuencia inicial de 726 MHz y se necesitaba ajustarlo para que trabaje a 900 MHz, entonces se utilizó como base la longitud del dipolo a la cual se le aumentó el 10% para el reflector y se le disminuyó un 10% al director, para la

construcción de la antena también se decidió aumentar un director, logrando así un mejor ancho de banda.

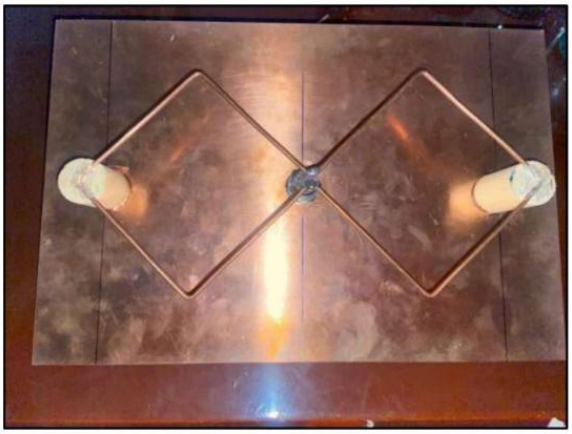


Figura 5 – Antena Biquad

Se inició con los cortes del tubo de cobre y para esto se realizó en primera instancia los cortes del dipolo, donde cada brazo mide 67 mm. Y el reflector con una medida de 148 mm y unos directores de 120 mm. Para la excitación del dipolo se usó un cable coaxial RG6 con blindaje trenzado de cobre en donde se colocó el positivo en el brazo izquierdo y el negativo en el brazo derecho. Para la colocación del cable se realizaron pequeñas perforaciones en los brazos y se usaron unos tornillos lo cual permitió que para fijarlos.

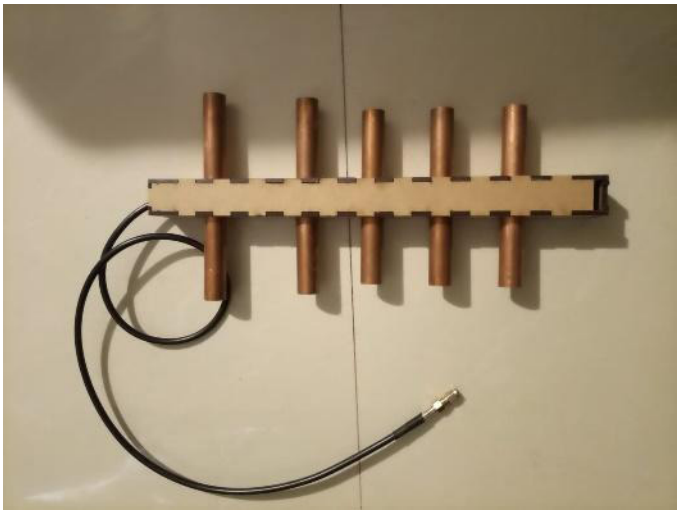


Figura 6 – Antena YAGI

Como base se usó una baquelita y los tubos fueron pegados con silicona, la distancia entre el reflector y el dipolo fue de 50 mm y la distancia entre el dipolo y los reflectores 35 mm. Una vez implementada la antena se utilizó un adaptador SMA, el cual permitió conectar la antena al módulo LoRa para realizar las pruebas de funcionamiento.

La Figura 6 muestra la antena implementada.

2.5. Pruebas de funcionamiento

En este punto se emplea una antena Biquad con módulo LoRa a 915 MHz y un sensor DHT11, la antena cumplirá la función de emisor, permitiendo realizar pruebas con y sin línea de vista. La antena Yagi por su parte recibirá los envíos de intento, paquetes, humedad, temperatura y el RSSI. El RSSI es el indicador del nivel de potencia de las señales que se van recibir por parte de la antena Biquad, este indicador tiene una escala de valor a considerar. La Tabla 1 muestra los valores que se deben tomar como referencia.

Escala de valores (dB)	Interpretación
0	Señal ideal
-40 /-60	Señal ideal con datos estables
-60	Señal aceptable logrando una conexión del 80%
-70	Enlace medio/bajo, considerada regularmente buena, aunque puede generar problemas por factores como la lluvia o el viento
-80	Señal mínima aceptada para que se pueda establecer una conexión tomando en cuenta que pueden generarse caídas o cortes en la comunicación

Tabla 1 – Interpretación escala de valores

Se debe considerar que si el RSSI supera los -80 dB se generarán problemas de comunicación como pérdida de paquetes, llamadas, datos o mensajes pocos legibles y retrasos en el receptor al momento de recibir datos por parte de la antena Biquad.

Se realizaron pruebas a una distancia de 1.9 kms con línea de vista y trabajando con las antenas implementadas, se puede indicar una mejora en el rendimiento de la transmisión, registrando apenas dos paquetes perdidos, variación de humedad en un 1% y de 0.2 °C en la temperatura. La potencia de recepción se sitúa en -95 dBm, valor aceptable y que permite que la comunicación sea viable (la potencia de recepción debe ser mayor a la sensibilidad del receptor), tomando en cuenta que la sensibilidad del receptor en el módulo LoRa es -139 dBm. Por otro lado, las antenas del fabricante registran una pérdida de cinco paquetes (24 transmitidos) que se han generado en el emisor , lo cual supone una descoordinación entre la información registrada en ambos dispositivos, tanto en humedad como también en la temperatura. La potencia de señal presenta -117 dBm, lo cual indica un valor aceptable y al igual que la anterior se puede establecer una comunicación viable. Todo lo expuesto se puede apreciar en la Tabla 2.

	Transmisor	Receptor
Parámetros	**Antena Biquad**	**Antena Yagi**
Paquetes	58	56
Humedad	13 %	14 %
Temperatura	37.40 °C	34.20 °C
RSSI	---------	-95 dBm
Distancia	1.9 Km	1.9 Km
	Antena de fábrica	**Antena de fábrica**
Paquetes	24	19
Humedad	14 %	15 %
Temperatura	14 °C	15 °C
RSSI	---------	-117 dBm
Distancia	1.9 Km	1.9 Km

Tabla 2 – Pruebas antenas implementadas y de fábrica

Como se puede observar en la tabla anterior, antenas de fabricantes presentan varios paquetes de información perdidos, esto se debe a la distancia a la que fueron sometidos en la prueba, lo cual empieza a afectar la calidad de transmisión y que justamente se logra mitigar mediante la implementación de las antenas Yagi y Biquad.

3. Resultados

Los datos que a continuación van a mostrarse, corresponden a los proporcionados por el VNA.

La relación de onda estacionaria (ROE), generalmente presenta valores comprendidos entre 1.5 y 2.5, si estos valores son superiores se produce una desadaptación en las impedancias, debido a que la energía que se induce no es absorbida en su totalidad, lo que produce un mayor paso por la corriente y provoca un descenso en la señal de la antena.

En la Figura 7 se observa un ROE de 1,4610 a una frecuencia de 915.3 MHz.

En la Figura 8 se observa que a una frecuencia de 915.3 MHz y una resonancia -14.55 dB.

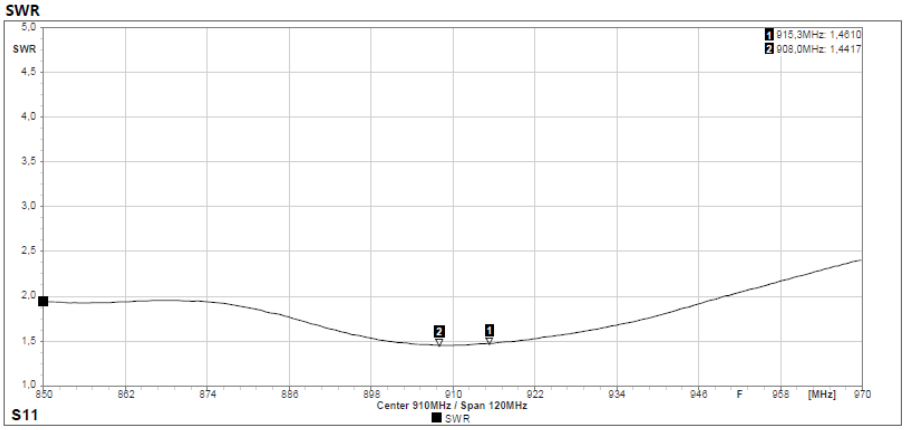


Figura 7 – ROE antena YAGI

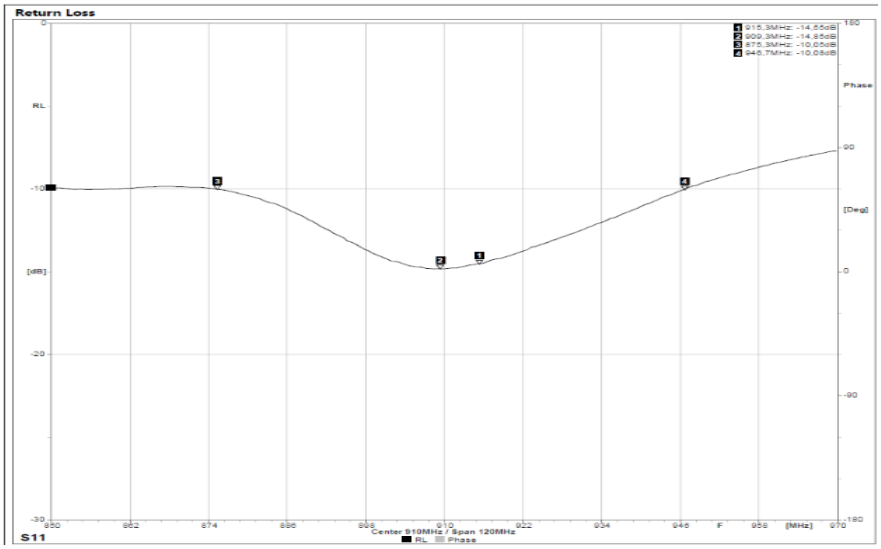


Figura 8 – Pérdidas de retorno antena YAGI

La impedancia representa la potencia absorbida por la antena y es un dato importante ya que implica una transferencia de energía eléctrica. En la Figura 9 se observa que la impedancia de la antena Yagi es de 34.23+j0.63.

El ROE es adimensional y los valores más cercanos a uno son los más efectivos, y esto demuestra que la antena se encuentra bien adaptada. A la frecuencia de 915.0 MHz, como muestra la Figura 10, el valor es 1.1640

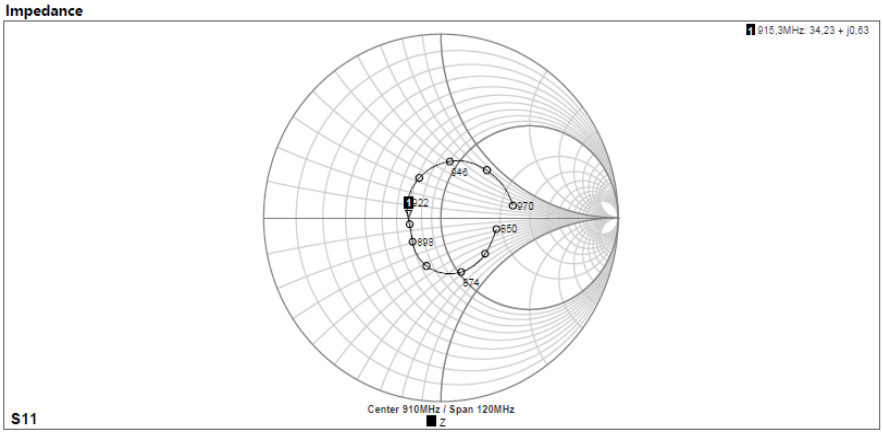


Figura 9 – Impedancia antena YAGI

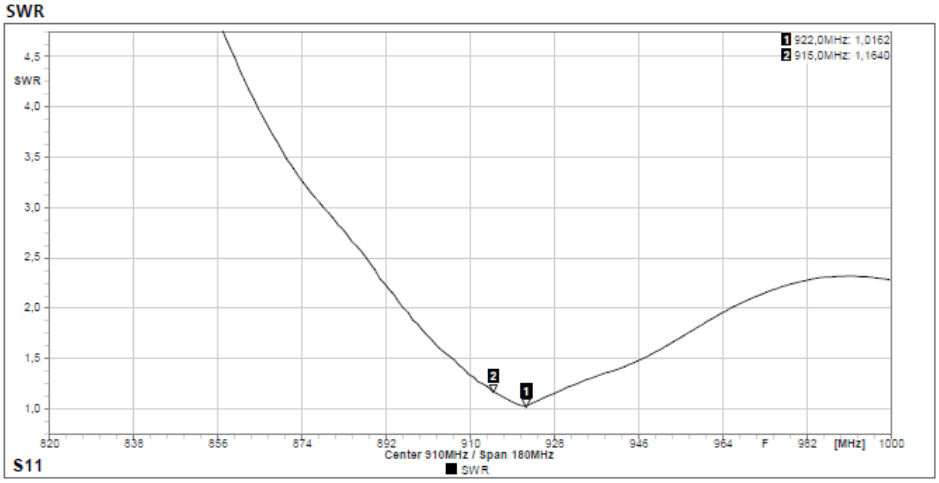


Figura 10 – ROE antena Biquad

La Figura 11 presenta las pérdidas de retorno e indica el nivel de resonancia en función de la frecuencia. Para la frecuencia de 915.0 MHz se tiene un valor de -22. 41 dB.

La impedancia de la antena expresada en la carta de Smith, con su componente real e imaginaria. Para el caso específico y frecuencia de 915.0 MHz, se tiene una impedancia de 44.92 - j5.10, este valor deberá ser expresado de manera real, dando como resultado 45.2 ohmios de impedancia.

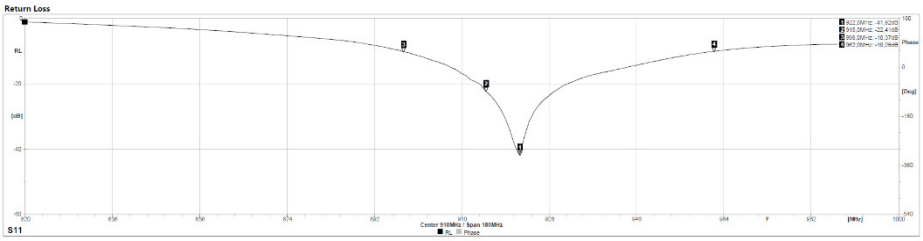


Figura 11 – Pérdidas de retorno antena Biquad

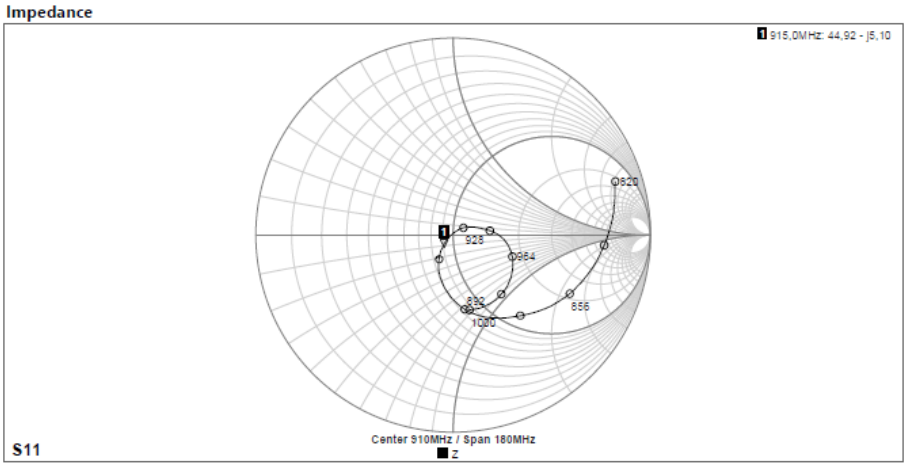


Figura 12 – Impedancia antena Biquad

3 Conclusiones

El presente trabajo muestra el proceso de construcción de antenas Biquad y Yagi en la banda de 900 MHz de una forma artesanal, empleando cálculos con datos teóricos, optimizando las pruebas de diseño con la ayuda del simulador HFSS e implementado las antenas, para finalmente medir los parámetros ROE, S11 e impedancia en un VNA, cuyos resultados se determinan con el menor porcentaje de error. Adicionalmente se incorpora un módulo de largo alcance LoRa para medir alcance, cobertura y sobre todo analizar la pérdida de paquetes en la transmisión de datos, trabajando con variables de humedad y temperatura.

Se desarrolló un método de testeo de transmisión y recepción entre las dos antenas implementadas mediante la incorporación de dos módulos LoRa que fueron programados tanto para recibir como para enviar transmitir datos en forma de paquetes. La información será proveniente de un sensor, el cual es capaz de recoger información del ambiente con respecto a su humedad y temperatura. Para programar estos módulos se accedió mediante el IDE de Arduino conjuntamente con una serie de librerías, las

cuales permitieron ejecutar las funciones básicas de emisión y recepción. En este caso la antena que emitirá la información proveniente proporcionada del sensor será la antena Biquad dadas sus características de radiación y cobertura óptima para transmisión.

Como trabajo futuro, se caracterizará otros diseños de antenas para ser utilizados con diferentes módulos de radiofrecuencia.

Referencias

González, E. E., Anrango, W. H., & Lara, J. L. (2020). Implementación de una antena PIFA multibanda a 1.7 GHz y 2.1 GHz, para un laboratorio de bajo costo de microondas y antenas. Edição/Edition, 117.

Morales, F., Tipán, F., Cando, D., & Toasa, R. M. (2020). Fabricación de un acoplador direccional de tres secciones para uso en un laboratorio de bajo costo. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (E25), 131-146.

Suntasig, Y., González, E. E., Morales, F. D., & Coral, R. (2022, June). Fractal antenna based on the Minkowski sausage for digital TV reception. In 2022 17th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI) (pp. 1-6). IEEE.

Balanis, C. A. (2016). Antenna Theory: Analysis and Design. Wiley

Morales, F., Mogrovejo, D., González, E., & Toasa, R. M. (2021). Monitoring of industrial variables based on LoRa communication protocols. In Advances and Applications in Computer Science, Electronics and Industrial Engineering (pp. 201-214). Springer, Singapore.

Ayala Chávez, O. A. (2015). Diseño y simulación de una antena yagi uda mediante el uso de algoritmos genéticos para el laboratorio de antenas de la Universidad Politécnica Salesiana (Bachelor's thesis).

Casanova, D. B., & Rodríguez, T. E. C. PROPUESTA DE ANTENA PARA REDES INALÁMBRICAS Wi-Fi ANTENNA PROPOSAL FOR Wi-Fi WIRELESS NETWORKS.

Stutzman, W. L. & Thiele, G. A. (2012). Antenna Theory and Design. Wiley.

Hernández, A. (2017). Teoría Básica de Antenas. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/hernandez_a_r/capitulo2.pdf

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

Recebido/Submission: 22/07/2022
Aceitação/Acceptance: 30/11/2022

Gestión departamental de denuncias con garantía de anonimato en un entorno organizacional basado en la norma ISO 37001

Tannia Mayorga-Jácome[1], Ivan Andocilla-Oleas[2], Mario Pérez-Cargua[2], Joe Carrión-Jumbo[4]

tmayorga@uisrael.edu.ec; iandocilla@uisrael.edu.ec; mperez@uisrael.edu.ec; joe.carrion@uisek.edu.ec

[1,2,3] Universidad Tecnológica Israel, Marieta de Veintimilla y Francisco Pizarro, 170507, Quito, Ecuador.

[4] Universidad Internacional SEK, Alberto Einstein S/N y 5ta. transversal, 170120, Quito, Ecuador.

Pages: 198-216

Resumen: El presente trabajo pretende recopilar el estado actual de la gestión de denuncias en el sector empresarial área de tecnológica, jurídico, control, educativo, financiero además de proponer un método para la gestión departamental de denuncias con roles y funciones de tal forma que se garantice el anonimato; para ello se trabaja con investigación cualitativa mediante la aplicación de entrevistas dirigidas a profesionales con amplia experiencia tecnológica y de gestión tanto del sector público como privado. El hallazgo principal es el desconocimiento por parte del personal del proceso de denuncias lo que permite deducir que no es socializado regularmente y no existe un canal formal en la mayoría de empresas entrevistadas, lo que no es lo mismo en las organizaciones que tienen implementado la norma ISO 37001 antisoborno, donde tienen capacitaciones periódicas y el personal conoce los procesos.

Palabras-clave: denuncias, anonimato, antisoborno, ISO 37001.

Departmental management of complaints with guarantee of anonymity in an organizational environment based on the ISO 37001 standard

Abstract: This paper aims to compile the current status of complaint management in the technology, legal, educational, control. and financial business sector, in addition to proposing a method for departmental management of complaints with roles and functions in such a way that anonymity is guaranteed; For this, qualitative research is carried out through the application of interviews aimed at professionals with extensive technological and management experience in both the public and private sectors. The main finding is the lack of knowledge on the part of the staff of the complaints process, which allows us to deduce that it is not regularly socialized and there is no formal channel in most of the companies interviewed, which is not the same in the organizations that have implemented the standard. ISO 37001 anti-bribery, where they have regular training and the staff knows the processes.

Keywords: complaints, anonymity, anti-bribery, ISO 37001.

1. Introducción

El anonimato es un concepto que tiene implicaciones muy amplias en diferentes campos de la técnica y el conocimiento, lo definiremos para nuestros fines como una condición de no identificabilidad en la cu3ál ninguno de los detalles de la información específica proporcionada se puede remontar hacia los originadores de la misma. Es importante diferenciar completamente los conceptos de anonimato y de confidencialidad, ya que este último hace referencia al resguardo de la información que incluya la identidad, donde la misma es conocida o reconocible dentro de un ámbito limitado y controlado.

Para aclarar las condiciones de anonimato, se puede considerar el marco expuesto por Marcum (2019) sobre las partes de la identidad, bajo la pérdida de las cuales el esquema de anonimato pasa a convertirse en uno de confidencialidad en el mejor de los casos. En primer lugar el nombre legal es una evidencia directa hacia el originador y de igual forma los seudónimos enlazables, se pueden usar seudónimos no vinculables que no tengan rastros de identidad para preservar el anonimato; la localización es otro factor que puede vulnerar el anonimato si se requiere una presencia física, o si la ubicación originadora puede rastrearse por medio de la localización del dispositivo, navegación o direcciones IP; otros elementos que pueden direccionar a la identidad son el conocimiento de patrones de acción o la categorización social en base a si cierta información puede ser reconocida sólo por determinado grupo de personas; de forma similar se pueden reconocer los símbolos de elegibilidad en base a detalles de la información que direccionen a elementos particulares del originador.

El anonimato en los canales de denuncia es un tema que se encuentra ya en amplio análisis, discusión, e implementación técnica y normativa. En la Unión Europea fue ya sancionada la directiva (UE) 2019/1937 en el año 2019, y transpuesta o en proceso de implementación en los marcos legales de cada país, esta busca garantizar la transparencia y combatir la corrupción tanto en el ámbito público como en el privado, generando canales de comunicación específicos, modalidades y metodologías que permitan y garanticen a empleados y ex empleados del sector privado así como funcionarios y exfuncionarios del sector público y trabajadores, una manera de denunciar irregularidades e incumplimientos de diferentes leyes o violaciones a los derechos. En general es un esquema que se ampara en su base en la protección de derechos humanos y libertad de expresión, lo cual implica retos tanto técnicos como éticos (Mendieta, 2021).

Como aplicación de las directivas para la Unión Europea, la Agencia Española de Protección de Datos (AEPD) establece ya recomendaciones para el protocolo de comunicación de denuncias. A diferencia de Estados Unidos, en Europa no hay una regulación directa y expresa de canales de denuncia, sin embargo, las recomendaciones establecen la importancia de la creación de un sistema de denuncias gestionado internamente por las propias organizaciones, aunque se permite externalización centrada en la recopilación de información; también se recomienda la creación de una organización externa y desvinculada para el tratamiento de denuncias e investigación posterior, y que cualquier miembro de la organización pueda ser denunciantes o denunciados, entre otras (Salvador, 2017).

En relación directa a la necesidad de confidencialidad en los canales de denuncia, es posible referir al concepto de identidad auto soberana (SSI) que establece que el usuario, y solo el usuario, tiene control total sobre sus datos de identidad digital, lo que permite que un individuo sea el administrador central de su identidad y pueden optar por compartirla en parte o en su totalidad.

La tecnología blockchain proporciona la base técnica para la implementación de SSI en diferentes casos, incluyendo los requerimientos de los canales de denuncia anónimos promoviendo la transparencia y confiabilidad (Mao et al., 2021).

Al proporcionar un dominio descentralizado, esta tecnología hace que los datos almacenados en él estén disponibles para entidades autorizadas, lo cual está alineado con la disponibilidad y propiedades de acceso; además, dado que el propietario de los datos tiene control total sobre compartir dichos datos con otros usuarios de blockchain, también satisface la propiedad de divulgación, incluso en caso de ser requerido un anonimato total (Young & Farshadkhah, 2021).

Así también, la tecnología blockchain ya ha sido exitosamente utilizada en otros entornos que requieren la implementación de confidencialidad, como es el caso de los conflictos de intereses con denuncias a través de medios periodísticos, donde Tomaz y otros (2021) explican un modelo que incluye un esquema criptográfico basado en una firma de anillo para garantizar el anonimato del denunciante y, al mismo tiempo, darle la posibilidad de demostrar que es el autor de la denuncia en el futuro; también se puede citar usos de blockchain como herramienta de anonimato en procesos electorales como en el caso citado por Caballero (2022) donde se describe un modelo basado en blockchain y encriptado homomórfico para garantizar la confidencialidad e integridad en todas las operaciones de recuento y control a lo largo del proceso electoral; el uso de blockchain permite en este caso seguir el recuento de votos de forma directa e incluso rastrear el destino de cada voto, sin alterar las condiciones necesarias para el resguardo del anonimato del emisor del voto.

1.1. Blockchain como herramienta de anonimato

El advenimiento de la tecnología ha traído consigo una serie de paradigmas muy importantes referente al manejo de la información y en algunos procesos el identificar el origen de la misma, es así que empiezan a salir al mercado aplicaciones de voto electrónico que garantizan el anonimato (Wu & Yang, 2018, p. 1) o enfocadas a vehículos inteligentes (Liu et al., 2022, p. 1) también autenticación de vehículos anónimos (Wang et al., 2018, p. 1), así también a sistemas de salud (Hossein et al., 2019, p. 1), al igual que un esquema de agregación de datos con privacidad del paciente (Li & Xu, 2020, p. 1), no se queda atrás el comercio en línea legal (Niya et al., 2019, p. 1), incluso IoT con modelos de privacidad anónima puesto que ya se realizan pruebas de concepto aplicada a RFID (Garg et al., 2020, p. 1).

En el ámbito financiero también necesita de las bondades de esta tecnología en la garantía de privacidad de los clientes, por lo que ya se presentan técnicas seguras en la compartición de documentos de cumplimiento de clientes con alineación al reglamento de protección de datos personales (Norvill et al., 2020, p. 1)

En un contexto global según lo mira Wang (2018), la convivencia de un universo de protección de la privacidad a usuarios legítimos versus el uso que se da sin supervisión, la aplicación de blockchain a actos ilícitos de lavado de dinero, extorsión, considera importante una regulación que se adapte. (Wang et al., 2018, p. 1); este punto de vista también lo comparte Xu et al. (2021) quien indica que para aprovechar adecuadamente las estructuras y el potencial de blockchain, y ampliar su uso en diferentes campos prácticos, se debe lograr un compromiso equilibrado entre privacidad y regulación (Xu et al., 2021), en función de lograr esquemas de protección de datos realistas y útiles, tomando en cuenta la necesidad de un enfoque holístico, que evite que se debilite la posición de los interesados por falta de confianza en las protecciones tecnológicas (Giannopoulou, 2021) .

Desde el punto de vista técnico, es aplicable un esquema autenticación entre dominios de redes heterogéneas, bajo la propuesta de usar blockchain en la autenticación entre dominios anónimos supervisados (BSA-CA), lo que permitiría mantener la estructura original de dominios de confianza. El modelo de confianza de autenticación de dominios puede basarse en un método de prueba de conocimiento cero, mientras que la red de confianza entre los usuarios estaría a través del sistema blockchain; lo indicado permite que el esquema BSA-CA aplique firma de grupo para aplicar las propiedades de supervisión anónimas (Chen et al., 2021).

Se hace imperante que se garantice la integridad de la información. Blockchain es una tecnología que se basa en bloques de información y trabaja en forma descentralizada, si bien no contiene características de privacidad, pero sí garantiza el anonimato, de tal forma que las identidades no son registradas en ninguna parte de los protocolos utilizados.

En Ecuador el conocimiento de esta tecnología ha arrojado en los resultados de las entrevistas realizadas a profesionales del sector público y privado indican el 70% tener conocimiento de la existencia de la misma pero no cómo aplicarla para garantizar el anonimato.

El anonimato que garantiza blockchain, puede ser utilizado en una serie de procesos que requiera dicha característica, por tal motivo es una tecnología muy compatible frente al tema de estudio propuesto, porque su aplicación permite al denunciante un proceso real que garantiza el anonimato requerido.

Es así que esta tecnología podría aplicarse para fortalecer el proceso de garantía de anonimato de las normas ISO 37001 e ISO 37002, ya que en el ítem 8.9 ...(literal) c del .... Planteamiento de inquietudes dentro de ... Operaciones que se encuentra planteado en el Sistema de gestión anti soborno, en los requisitos con orientación para su uso, perteneciente a la norma internacional ISO 37001:2016, identifica que la organización debe implementar procedimientos que permitan la denuncia anónima, por tal motivo se debe referenciar la ISO 37002 Sistemas de gestión de canales de denuncias, la cual es compatible con la antes mencionada, garantizando así el proceso de anonimato de las denuncias.

1.2. Problemática de la aplicación técnica del anonimato de denuncias de corrupción en el Ecuador

A continuación, se presenta la Figura 1 donde muestra el proceso de denuncias en la Fiscalía General del Estado y la Figura 2 del proceso de denuncias vía Web.

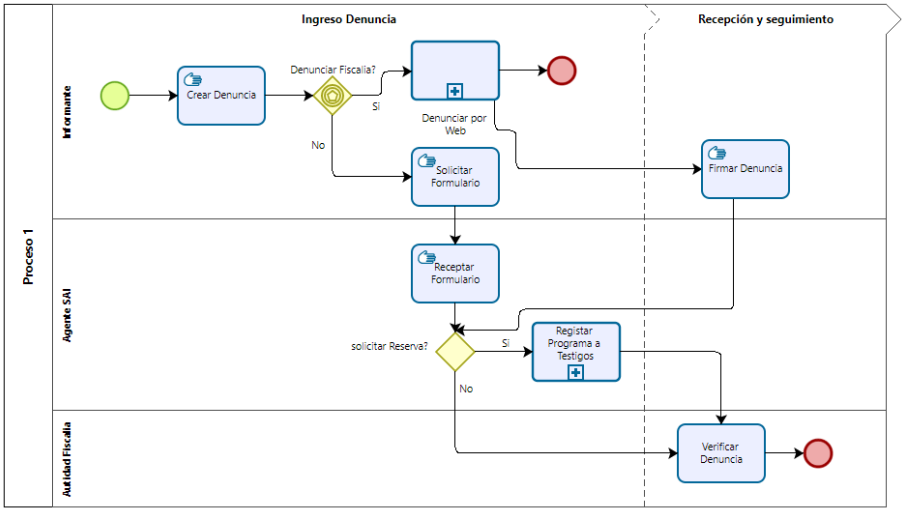


Figura 1 – Proceso de denuncias de corrupción en la Fiscalía General del Estado (FGE)

El informante puede hacer la denuncia por escrito y presentar directo en la FGE, donde se evidencia la pérdida del anonimato cuando entrega los datos y un formulario firmado por escrito, al igual que si la denuncia es de actos ilícitos específicos de la Fiscalía puede hacerlo mediante formulario web, pero luego de analizar el subproceso mostrado en la figura 2, se observa que llega un punto donde el informante debe acercarse a firmar la denuncia para oficializar la misma, llegando a verificarse nuevamente la carencia de anonimato, un ejemplo de este proceso se puede evidenciar en el Anexo 2 y que para efectos de protección a la persona que facilitó la información se mantendrá el anonimato ocultado sus datos.

En un estudio previo Mayorga et al (2021) se propuso un esquema de garantía de anonimato con blockchain para FGE, sin embargo, la normativa como se evidencia imposibilita la aplicación del mismo en Ecuador.

Con este antecedente se resume la percepción de las encuestas realizadas a profesionales tanto del sector público como privado sobre las ventajas y restricciones que pudieran tener para la aplicación de denuncias con anonimato en Ecuador mostradas en la Tabla 1.

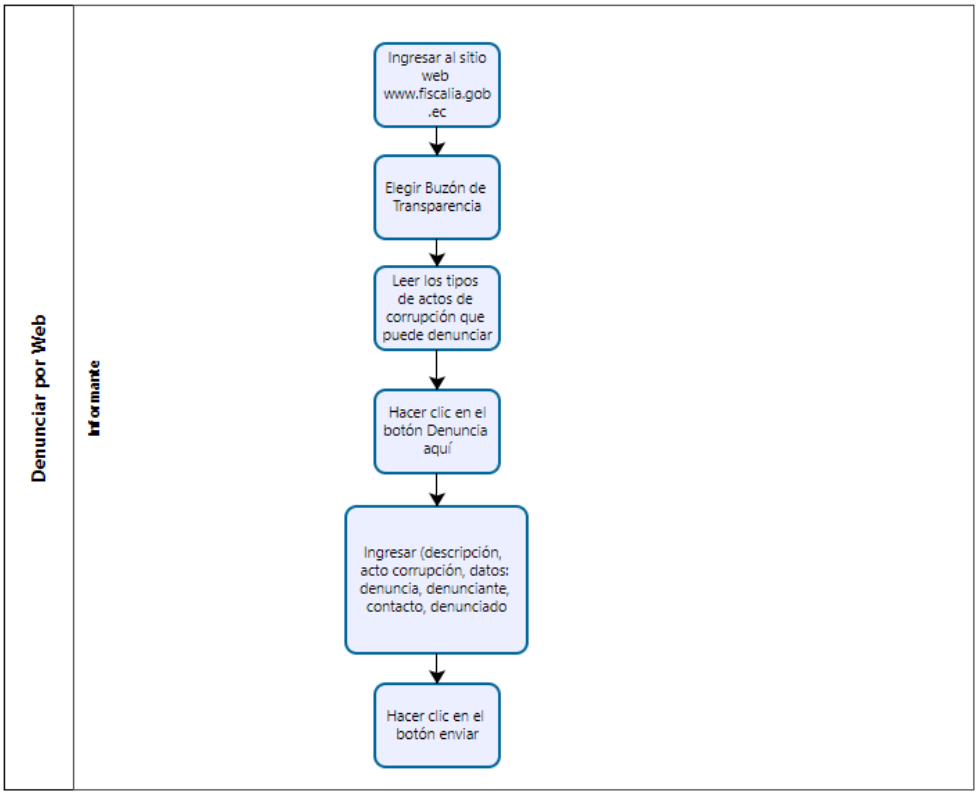


Figura 2 – Suproceso de denuncias por Web

Al analizar esta recopilación se puede evidenciar que es claro para los profesionales entrevistados que no se puede aplicar el anonimato de denuncias en el sector público, mientras que en el sector privado si no hay nada que impida, sin embargo, las entidades públicas que tienen implementado la norma ISO 37001 si tendrían esa posibilidad en calidad del proceso interno en la Gestión antisoborno de cada entidad, ya que esta norma fue nacionalizada por el INEN (NTE INEN-ISO 37001, 2017).

Con todo el análisis realizado se justifica esta investigación sobre todo por las implicaciones sociales que involucran y contribuye al cumplimiento de varios objetivos como: “1 Fin de la pobreza, 2 Cero hambre, 10 reducción de las desigualdades, 16 que hace referencia a Paz justicia e instituciones sólidas, de desarrollo sostenible, así como a la reducción de la corrupción” (ONU, 2015).

Ventajas	Restricciones
- Tranquilidad - Confianza - Evitar represalias - Evitar despidos - Evitar retaliaciones - Evitar burocracia - Vencer el miedo a denunciar - Evitar filtración de información del informante - Disminuir la corrupción - Evitar ser cómplice de corruptos - No dar coimas - Agilizar el sistema de pagos - Bajar tasas bancarias que por concepto de pagos en línea cobran a los usuarios - Disminución del clientelismo - Reducción de la pobreza - Las empresas presentarían licitaciones sin sobreprecios - Selección de contrataciones con menos preferencias - Cambiaría la percepción cultural de dar coima en lugar de pagar una multa	- La Constitución y el estado no permite - Para proceder en la parte jurídica actualmente solicita la información del denunciante firmada en la Fiscalía General del Estado, Contraloría y Consejo de participación ciudadana y control social. - No hay responsabilidad del denunciante, puede atentar en contra la honra de una persona si esta denuncia no es verdadera - Pueden ser atentatorias, pueden ser usadas para hacer daño No contar con políticas claras y bien establecidas de lavado de activos aplicadas al sistema financiero nacional. La seguridad que debe estar por detrás de las transacciones en los sistemas No contar con recursos para atender denuncias no sustentadas sin investigar si es verídica la misma.

Tabla 1 – Percepción de ventajas y restricciones de la aplicación de denuncias con anonimato en Ecuador

2. Metodología

Para el análisis descriptivo de la situación actual se utiliza metodología bibliográfica documental (Morales, 2015), mediante la revisión de artículos indexados en Scopus aplicando una consulta en el título, resumen y palabras claves con el operador AND anonimato, blockchain, y el operador OR con corrupción, anticorrupción, NO sobornos, canal de comunicación, regulaciones, sanciones y discriminando criptomonedas, bitcoin con lo cual se genera un resultado de 28 artículos de los cuales se consideran apropiados para esta investigación 13. Adicional se utiliza Google Scholar del cual se consideran 5 fuentes con aportes de relevancia (Ver Anexo 1)

Para la recopilación de información de la situación actual del proceso de denuncias se utilizó como instrumento la entrevista semiestructurada (Ramírez, 2003), la cual se aplicó a una población de 10 personas durante el mes de octubre del 2022, previa la validación de las preguntas realizada por expertos en el mes de septiembre de 2022 cuyo promedio de validación se resume en la Tabla 2, lo que indica que las preguntas son pertinentes, claras, proporcionan un nivel de profundidad, secuencia, lenguaje, calidad ortotipográfica permiten el cumplimiento del objetivo planteado.

Criterio	11	22	33	44	55	Observaciones
Pertinencia objetivo-cuestionario					xx	
Claridad de las preguntas del cuestionario					xx	
Nivel de profundidad del cuestionario					xx	
Secuenciación de las preguntas del cuestionario					xx	
Lenguaje utilizado en el instrumento					xx	
Calidad ortotipográfica					jx	

Tabla 2 – Validación de entrevista

Los criterios considerados para la selección de candidatos fueron: la experiencia, sector privado o público, áreas de: educación, tecnológica, control, jurídica, servicios.

Para el proceso de gestión departamental se trabaja mediante el análisis en lo referente a denuncias con las normas ISO 37001 sección Preocupaciones, ítem 8.9, e ISO 37002 ítem 3.10 "*confidential whistleblowing*", correlacionando los hallazgos de las entrevistas versus los estándares.

La herramienta de modelado de diseño de procesos utilizada fue Bizagi versión gratuita, además de hoja de cálculo para sintetizar y organizar la información.

3. Resultados

3.1. Gestión de Denuncias

La gestión de denuncias emitida por profesionales que trabajan en el sector público o privado que trabajan en licitaciones con empresas públicas se detalla a continuación.

Entrevistado 1 : El informante hace la denuncia - Verifica un Comité - Emite un informe a Gerencia y Accionistas - comunican la decisión a Talento Humano.

Entrevistado 2: El informante entrega denuncia por escrito en ventanilla - Realizan sorteo de un Juez - Emite un veredicto.

Entrevistado 3: El informante entrega la denuncia firmada con documentos de evidencias adjuntos - Verificación de información - Calificación de la denuncia (aceptación o no aceptación). Si está incompleta - Convocan a reunión aclaratoria para recabar más información. De generarse una acción de intervención las evidencias son solicitadas por escrito por medio de los Auditores a las autoridades de tal forma que lleguen certificadas y puedan ser analizadas.

Entrevistado 4: El informante llena un formulario con cierta estructura, lo receptan en la oficina de denuncias, lo maneja en conjunto con el vicerrectorado académico, desconoce el proceso interno investigativo.

Entrevistado 5,7: desconocen el proceso.

Entrevistado 6: el informante ingresa su denuncia en un buzón de quejas, cada cierto tiempo el Ministerio de Trabajo recoge - Realiza el seguimiento respectivo.

Entrevistado 8: el informante ingresa la denuncia en el sistema - recibe el departamento técnico - redirecciona a la jefatura relacionada - solicitan algún informe más extenso a los implicados. En caso de denuncias por escrito - receptan las direcciones departamentales, emiten un informe a la máxima autoridad. Pueden dejar la denuncia directo a la máxima autoridad cuando la denuncia tiene algo que ver con Direcciones Departamentales para que no sea juez y parte. Posterior a ello emiten una resolución.

Entrevistado 9: El informante realiza una denuncia anónima, se abre un proceso de indagación o de investigación para ver si están en lo cierto o no - emite una resolución. Si el informante realiza la denuncia por escrito - entrega a su autoridad superior, en caso de estar involucrada la autoridad superior debe entregar a la máxima autoridad - Proceso de verificación de la denuncia - Comité de ética emite un dictamen - Se entrega una respuesta formal con la decisión al informante.

Entrevistado 10: El informante realiza la denuncia a un correo electrónico definido por la institución, ahí debe escribir que desea anonimato y cargar las evidencias que tenga. El correo es revisado por un Comité de Ética, este realiza la indagación previa y de encontrarse culpa, el área jurídica envía el caso a la Fiscalía. También tienen la opción de denuncias anónimas por buzón, una vez al mes el buzón es transportado con un guardia a la oficina matriz donde se encuentra el Comité, quienes en presencia de todos abren el buzón e inicia el seguimiento.

3.2. Relación ISO 37002 con la parte de garantía de anonimato

En concordancia con la norma ISO 37001, se aplican las directrices para la gestión antisoborno en cualquier tipo de organización en general; lo cual se complementa con las acciones establecidas en la norma ISO 37002 en cuanto a la creación del sistema de gestión de denuncias con garantía de anonimato del denunciante, para lo que se establecen los medios tecnológicos adecuados, así como los roles y funciones necesarios para la ejecución de procesos asociados, mismos que se pueden visualizar en las Figuras 3 y 4.

Para la implementación del sistema de denuncias en base a las normas ISO 37001 e ISO 37002, considerando las particularidades de las organizaciones locales, tanto en el sector público como en el privado, se necesita establecer políticas internas, mecanismos y herramientas que permitan garantizar:

Confidencialidad del denunciante.- Políticas y herramientas que garanticen el anonimato del denunciante, considerando las diferentes formas en que su identidad podría ser revelada y comprometida, con el fin de mantener un entorno seguro para el denunciante y sin bloqueos para que el proceso de investigación y procesamiento de las denuncias transcurra normalmente.

Diversidad de mecanismos de comunicación.- Establecer formalmente los medios de comunicación seguros por los cuales el denunciante pueda realizar las denuncias, y las mismas puedan ser objeto de seguimiento y retroalimentación, tomando en cuenta la privacidad necesaria en el proceso y los canales de flujo de información.

Legalidad de la recopilación de datos personales.- El medio de recepción de denuncia y su procesamiento debe sujetarse a las leyes vigentes, dado que se podría argumentar y poner en duda la licitud del medio y mecanismo por el cual se hace la recepción de la denuncia y procesamiento de los datos correspondientes.

Roles y funciones.

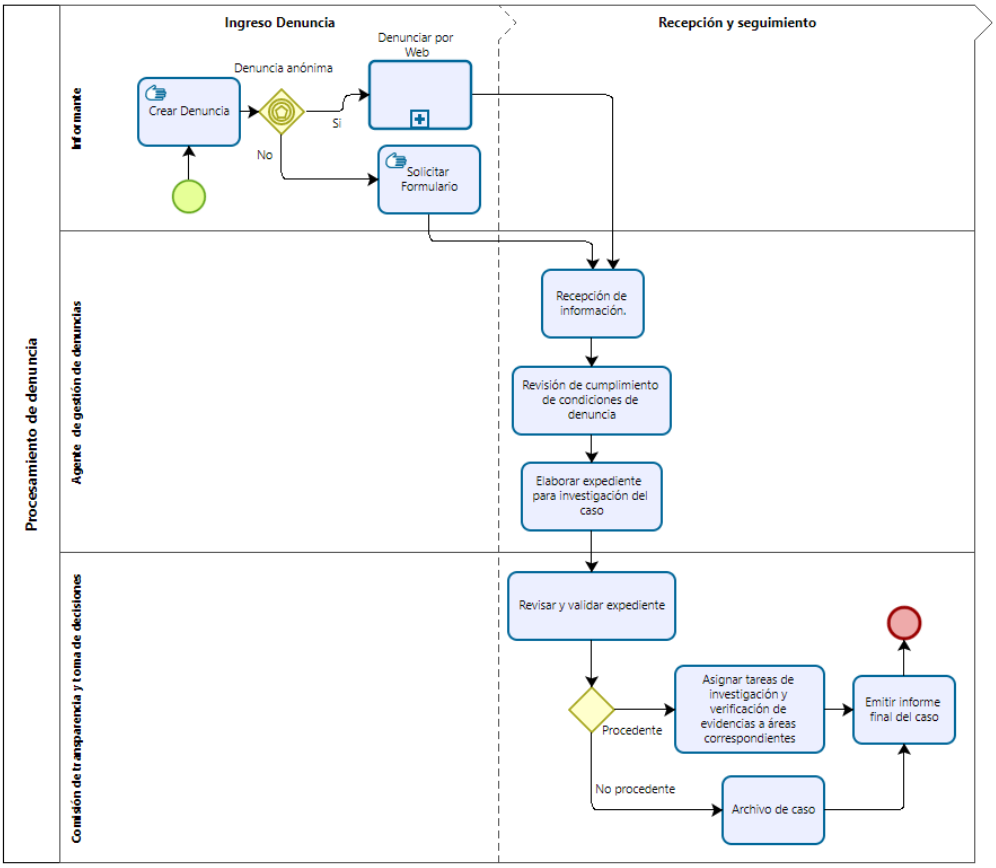
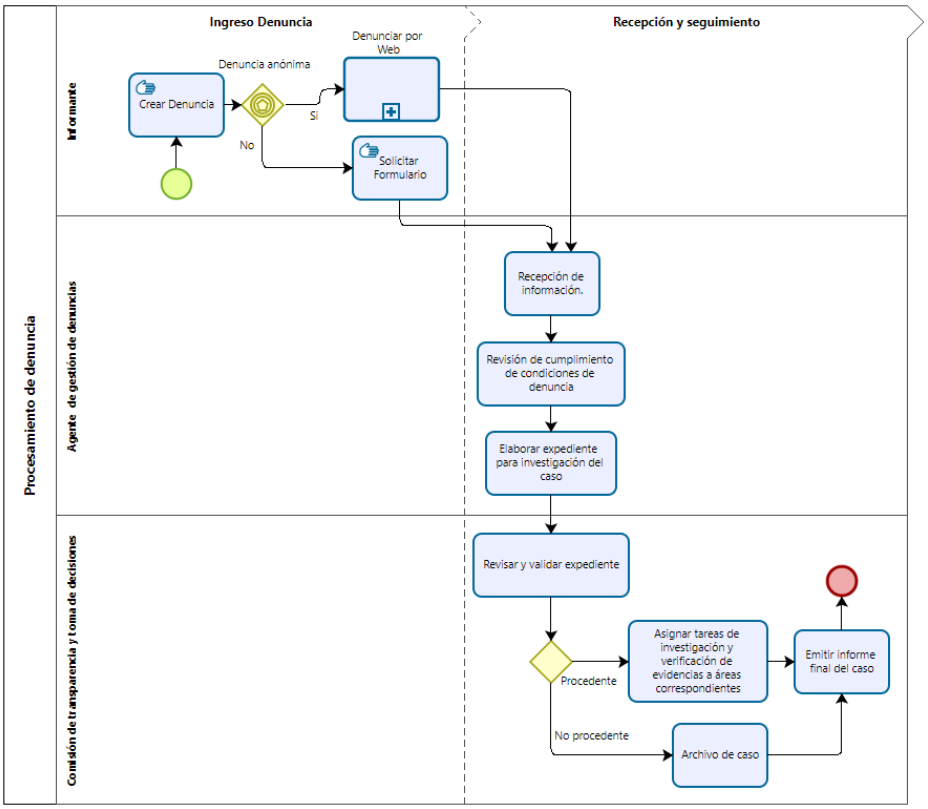


Figura 3 – Proceso para gestión de denuncias

Para establecer el sistema de denuncias se necesita establecer una serie de roles afines a las actividades establecidas en las normas ISO 37001 e ISO 37002, y acorde a los lineamientos legales vigentes. Se sugiere, entonces, la definición de:

Informante.- Persona natural interna o externa a la institución, que realiza la acción de denuncia por medio del sistema y se somete a las condiciones del proceso.



Agente de gestión de denuncias.- Persona encargada de velar por el cumplimiento de la norma ISO 37001 en el marco de la ejecución del proceso de denuncia integral. Está bajo su cargo la recepción y verificación de condiciones de cumplimiento de la denuncia, así como la elaboración del expediente documental de los casos. Debe verificar, con el asesoramiento del personal técnico pertinente, el debido cumplimiento del uso de la arquitectura blockchain y aplicaciones necesarias para la garantía del anonimato del denunciante.

Comisión de transparencia y toma de decisiones. - Cuerpo integrado por los jefes departamentales, asesor legal de la empresa, gerencia general o funciones directivas equivalentes en entidades públicas.

4. Conclusiones

Los funcionarios de empresas, ya sean públicas o privadas, que no tienen implementada la norma ISO 37001 manifiestan no tener un departamento establecido de gestión de denuncias, pero sí canales de recepción de las mismas.

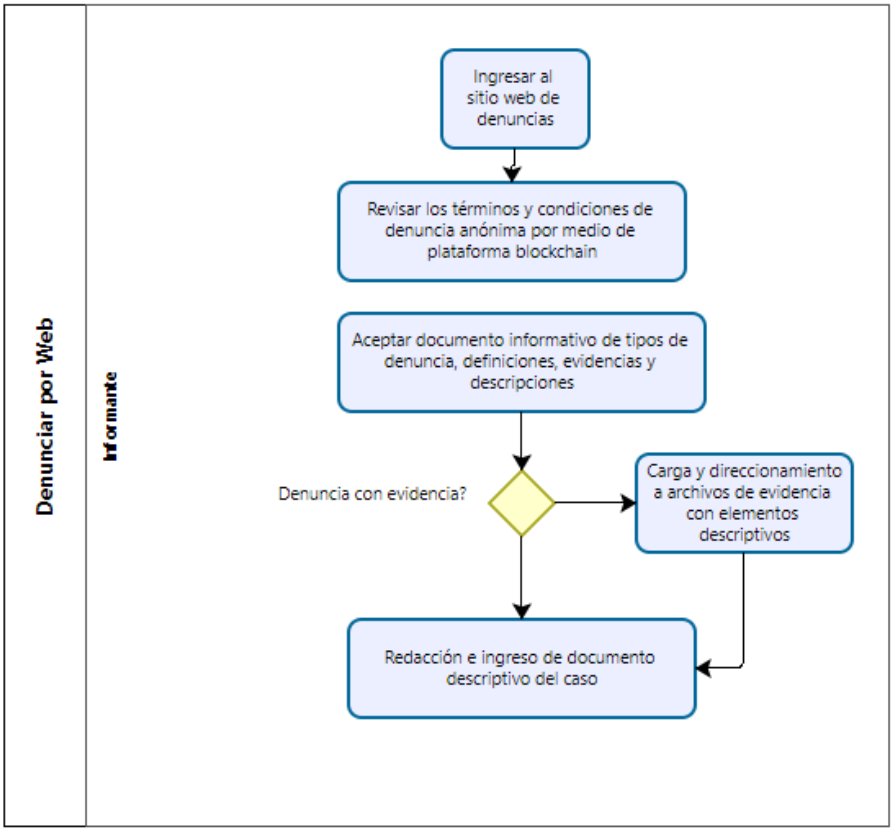


Figura 4 – Subproceso para denuncia vía web

Los funcionarios de empresas públicas indican desconocer de la aplicación y uso de procesos antisoborno, ya que no es costumbre en sus instituciones socializar al respecto, mientras que las que tienen implementado este estándar indican conocer el proceso de denuncia, aunque no tengan aún procesos o herramientas que ofrezcan garantía de anonimato.

Los funcionarios de empresas públicas que tienen implementada la norma ISO 37001 señalan que la garantía de anonimato se basa en la confianza de un acuerdo de no divulgación y confidencialidad del Comité de Ética u Oficial de Cumplimiento dependiendo de la entidad, de esta manera para no revelar el nombre, y en caso de comprobarse la denuncia, el departamento jurídico de la entidad pública es el encargado de enviar el proceso a la Fiscalía. Es decir, el manejo del anonimato con un correo electrónico se conoce el origen del envío, en otro caso mediante el llenado de un formulario de denuncia anónima, previo registro en la plataforma de la entidad, también se puede asociar internamente con quien denunció; lo que implica que continúa

estando en manos de terceras personas la reserva de la denuncia. Sin embargo, uno de los entrevistados señaló que realmente este método funciona ya que fue testigo de la salida de compañeros que cometieron acciones indebidas debido a denuncias con el carácter de reservado.

Todos los entrevistados están interesados en la idea de garantía de anonimato de denuncias con la tecnología blockchain, aunque desconocen a detalle el funcionamiento.

La implementación de un sistema de gestión de denuncias, además de basarse en normas y buenas prácticas establecidas, debe fundamentarse en las leyes y normativas locales vigentes, tanto en la licitud de la forma de adquirir la información como en el tratamiento de la misma.

La limitación de los hallazgos sigue siendo la no garantía del anonimato, aun en las instituciones que tienen implementada la norma ISO 37001, para ello se hace necesaria inversión en un ecosistema con blockchain para poder recuperar la confianza para denuncia corrupción en las entidades públicas, concordando con Xu (Op.cit) en tratar de conseguir un equilibrio con las normativas y privacidad.

Para la siguiente publicación se pretende generar la arquitectura tecnológica que garantice de anonimato con el uso de tecnología blockchain.

Referencias

Caballero-Gil, C., & Caballero-Gil, P. (2022). Sistema de Votación Electrónica basado en Blockchain con Encriptación Homomórfica. XVII Reunión española sobre criptología y seguridad de la información. RECSI 2022, 265, 50. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87571-8_27

Chen, L., Wu, W., Kou, G., & Zhang, L. (2021). Blockchain-based Supervised Anonymous Cross-domain Authentication Scheme. *2021 7th International Conference on Computer and Communications, ICCC 2021*, 1565-1569. https://doi.org/10.1109/ICCC54389.2021.9674287

Garg, L., Chukwu, E., Nasser, N., Chakraborty, C., & Garg, G. (2020). Anonymity Preserving IoT-Based COVID-19 and Other Infectious Disease Contact Tracing Model. *IEEE Access*, *8*, 159402-159414. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3020513

Giannopoulou, A. (2021). Putting data protection by design on the blockchain. *European Data Protection Law Review*, *7*(3), 388-399. https://doi.org/10.21552/edpl/2021/3/7

Hossein, K. M., Esmaeili, M. E., Dargahi, T., & Khonsari, A. (2019). Blockchain-Based Privacy-Preserving Healthcare Architecture. *2019 IEEE Canadian Conference of Electrical and Computer Engineering, CCECE 2019*. https://doi.org/10.1109/CCECE.2019.8861857

NTE INEN-ISO 37001, 12 (2017). https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_37001.pdf

Li, P., & Xu, H. (2020). Blockchain User Anonymity and Traceability Technology [区块链用匿名可追踪技术]. *Dianzi Yu Xinxi Xuebao/Journal of Electronics and Information Technology*, *42*(5), 1061-1067. https://doi.org/10.11999/JEIT190813

Liu, L., Liu, L., Li, B., Zhong, Y., Liao, S., & Zhang, L. (2022). MSCCS: A Monero-based security-enhanced covert communication system. *Computer Networks*, *205*. https://doi.org/10.1016/j.comnet.2021.108759

Mao, X., Li, X., & Guo, S. (2021). A Blockchain Architecture Design that Takes into Account Privacy Protection and Regulation. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *12999 LNCS*, 311-319. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87571-8_27

Marcum, T. M., & Young, J. (2019). Blowing the whistle in the digital age: are you really anonymous? The perils and pitfalls of anonymity in whistleblowing law. DePaul Bus. & Comm. LJ, 17, 1.

Mendieta, M. V. (2021). Un análisis de la Directiva (UE) 2019/1937 desde la ética pública y los retos de la implementación. Revista española de la transparencia, (12), 15-24. https://doi.org/10.1145/3384943.3409431

Morales, Oscar. (2003). *Fundamentos de la investigación documental y la monografía. Manual para la elaboración y presentación de la monografía*. Universidad de los Andes.

Niya, S. R., Allemann, S., Gabay, A., & Stiller, B. (2019). TradeMap: A FINMA-compliant Anonymous Management of an End-2-end Trading Market Place. En M. E. Lutfiyya H. Diao Y. ,. Zincir-Heywood N. ,. Badonnel R. (Ed.), *15th International Conference on Network and Service Management, CNSM 2019*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. https://doi.org/10.23919/CNSM46954.2019.9012706

Norvill, R., Cassanges, C., Shbair, W., Hilger, J., Cullen, A., & State, R. (2020). A security and privacy focused KYC data sharing platform. *BSCI 2020 - Proceedings of the 2nd ACM International Symposium on Blockchain and Secure Critical Infrastructure, Co-LocatedwithAsiaCCS2020*,151-160.https://doi.org/10.1145/3384943.3409431

ONU. (2015, septiembre 25). Objetivos y metas de desarrollo sostenible. *Desarrollo Sostenible*. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/

Ramírez Terán, M. (2003). *Metodología de la Investigación Científica* (Segunda). Exacto Visual.

Salvador, A. (2017). Canales de denuncias. Seguritecnia, 2.

Tomaz, A. E. B., Nascimento, J. C. D., & de Souza, J. N. (2022). Blockchain-based whistleblowing service to solve the problem of journalistic conflict of interest. Annals of Telecommunications, 77(1), 101-118. https://doi.org/10.1109/IC3.2018.00-15

Young, J. A., & Farshadkhah, S. (2021). Improving Anonymous Whistleblower Credibility with Self-Sovereign Identity. In Proceedings of the 2021 IFIP 8.11/11.13 Dewald Roode Information Security Research Workshop.

https://doi.org/10.1109/DASC-PICom-CBDCom-CyberSciTech52372.2021.00094

Wang, M., Wu, Q., Qin, B., Wang, Q., Liu, J., & Guan, Z. (2018). Lightweight and Manageable Digital Evidence Preservation System on Bitcoin. *Journal of Computer Science and Technology*, *33*(3), 568-586. https://doi.org/10.1007/s11390-018-1841-4

Wu, H.-T., & Yang, C.-Y. (2018). A blockchain-based network security mechanism for voting systems. *Proceedings - 2018 1st International Cognitive Cities Conference, IC3 2018*, 227-230. https://doi.org/10.1109/IC3.2018.00-15

Xu, B., Chen, H., Jin, S., & Jiao, Q. (2021). A Digital Currency System with Transaction Amount Privacy Protection. *Proceedings - 2021 IEEE International Conference on Dependable, Autonomic and Secure Computing, International Conference on Pervasive Intelligence and Computing, International Conference on Cloud and Big Data Computing and International Conference on Cyber Science and Technology Congress, DASC/PiCom/CBDCom/CyberSciTech 2021*, 535-540. https://doi.org/10.1109/DASC-PICom-CBDCom-CyberSciTech52372.2021.00094

Anexos

Nro	Base de Datos / Buscador / Indice	Año	Título	Autor	DOI
1	Scopus	2017	On the Design of a Blockchain Platform for Clinical Trial and Precision Medicine	Shae Z., Tsai J.J.P.	10.1109/ICDCS.2017.61
2	Scopus	2017	On the design of communication and transaction anonymity in blockchain-based transactive microgrids	Bergquist J., Laszka A., Sturm M., Dubey A.	10.1145/3152824.3152827
3	Scopus	2018	Decentralized Voting: A Self-tallying Voting System Using a Smart Contract on the Ethereum Blockchain	Yang X., Yi X., Nepal S., Han F.	10.1007/978-3-030-02922-7_2
4	Scopus	2018	Solidworx: A resilient and trustworthy transactive platform for smart and connected communities	Eisele S., Laszka A., Mavridou A., Dubey A.	10.1109/ Cybermatics_2018.2018.00221
5	Scopus	2018	Securing configuration management and migration of virtual network functions using blockchain	Alvarenga I.D., Rebello G.A.F., Duarte O.C.M.B.	10.1109/NOMS.2018.8406249
6	Scopus	2019	SPROOF: A platform for issuing and verifying documents in a public blockchain	Brunner C., Knirsch F., Engel D.	10.5220/0007245600150025
7	Scopus	2020	SPROOF: A Decentralized Platform for Attribute-Based Authentication	Brunner C., Knirsch F., Engel D.	10.1007/978-3-030-49443-8_1

Nro	Base de Datos / Buscador / Indice	Año	Título	Autor	DOI
8	Scopus	2020	A secure and scalable data integrity auditing scheme based on hyperledger fabric	Lu N., Zhang Y., Shi W., Kumari S., Choo K.-K.R.	10.1016/j.cose.2020.101741
9	Scopus	2021	A Dynamic Group Signature Scheme for Blockchain-Based Traceability Bulletin Board	Hou M., Zhao K., Sun R., Yuan G.	10.1007/978-981-16-7993-3_39
10	Scopus	2021	Blockchain Integrated Framework for Resolving Privacy Issues in Smart City	Bedi P., Goyal S.B., Kumar J., Kumar S.	10.1007/978-3-030-72139-8_6
11	Scopus	2021	Blockchain based Privacy Preserving User Authentication Protocol for Distributed Mobile Cloud Environment	Vivekanandan M., Sastry V.N., Srinivasulu Reddy U.	10.1007/s12083-020-01065-3
12	Scopus	2022	The Potential of Blockchain Technology in Higher Education as Perceived by Students in Serbia, Romania, and Portugal	Kuleto V., Bucea-Manea-ţoniş R., Bucea-Manea-ţoniş R., Ilić M.P., Martins O.M.D., Ranković M., Coelho A.S.	10.3390/su14020749
13	Scopus	2022	SIoVChain: Efficient and Secure Blockchain Based Internet of Vehicles (IoV)	Kumar A., Das D.	10.1145/3491003.3494123
14	Scopus	2022	An in-depth and systematic literature review on the blockchain-based approaches for cloud computing	Gong J., Navimipour N.J.	10.1007/s10586-021-03412-2
15	Scopus		A transaction cost perspective on blockchain governancein global value chains	Chen W., Botchie D., Braganza A., Han H.	10.1002/jsc.2487

Nro	Base de Datos / Buscador / Indice	Año	Título	Autor	DOI
16	Scopus	2017	The concept of the blockchain-based governing: Current issues and general vision	Konashevych, O.	
17	Scopus	2021	BlockchainAs a Service (BaaS) Framework for Government Funded Projects e-Tendering Process Administration and Quality Assurance using Smart Contracts	Hari Pranav, A., Latha, M., Ashwin, S., Chinnaiyan, R.	10.1109/ ICCCI50826.2021.9402348
18	Scopus	2021	Blockchain governance: Disruptive technology for controlling corruption in public health	Gonçalves, R.M., Domingos, I.M.	10.21902/revistajur.2316-753X. v4i66.5065
19	Scopus	2021	Opportunities and Barriers of Using Blockchain in Public Administration: The Case of Real Estate Registration in Kazakhstan	Akhmetbek, Y., Špaček, D.	10.2478/nispa-2021-0014
20	Schollar	2021	Modelo de blockchain para aumentar la integridad de información mediante tecnología Hyperledger para el seguro social	Figueroa Navarro, Evelyn Tamara Tandazo Espinoza, Máximo Giovani	

Anexo 2 Ejemplo de denuncia

FGE
FISCALÍA GENERAL DEL ESTADO
ECUADOR

FORMULARIO EN LÍNEA PARA EL REGISTRO DE PRESUNTOS DELITOS DE ROBO Y HURTO

Estimada/o J

La Fiscalía General del Estado agradece su colaboración en la lucha contra los delitos de robo y hurto. Nos comprometemos a recabar toda la información que usted nos ha remitido.

Número: FGE-FRYH-2022-17-00
Correo electrónico de contacto FGE: r @fiscalia.gob.ec
Fecha y hora: 2022- -11 14:25:
VER FORMULARIO

Cuidemos del medio ambiente. Por favor no imprima este e-mail si no es necesario. No responda a este mensaje. No podemos contestar los mensajes enviados a esta dirección.

Copyright © 2021 Fiscalía General del Estado - T.I. - All rights reserved.

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

Recebido/Submission: 16/10/2022
Aceitação/Acceptance: 26/12/2022

Entorno web para la educación en salud bucal comunitaria del Centro de Salud-Tambillo

Paulo Silva Loor[1], Paúl Baldeón Egas[2]

paulosilvaloor@gmail.com; paul.baldeon.uisrael.edu.ec

[1] Odontólogo, Magíster en Educación mención TIC, Quito, 170521, Pichincha, Ecuador.

[2] Ingeniero en sistemas, Magíster en tecnologías para la gestión y práctica docente, Quito, 170516, Pichincha, Ecuador.

Pages: 217-225

Resumen: La presente investigación aporta un sustento científico, educativo y tecnológico para que los profesionales que laboran en la Unidad operativa de salud-Tambillo adquieran el conocimiento e información necesaria sobre salud bucal con énfasis en el tópico de caries dental. El entorno web propuesto fue diseñado gracias al modelo pedagógico mediado por TIC, que dentro del cual se basó en cuatro pilares como lo son el componente teórico sustentado con las teorías de Piaget, Vygotsky y Siemens, el componente metodológico fue realizado gracias a la metodología ERCA (Experiencia, Reflexión, Conceptualización y Aplicación). El componente práctico desarrollado gracias al modelo de diseño instruccional de ADDIE (Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación, Evaluación) y el componente TIC el cual se enfatizó en el correcto uso de las tecnologías de la información y comunicación para la inclusión de las técnicas, herramientas y estrategias educativas de la web 2.0 y 3.0 dentro del entorno web propuesto.

Palabras-clave: Entorno web, salud bucal, caries dental, educación.

Web environment for community oral health education at the Centro de Salud-Tambillo

Abstract: The research provides scientific, educational and technological support so that the professionals who work in the Health Operational Unit-Tambillo acquire the necessary knowledge and information on health oral with emphasis on the topic of dental caries.The proposed web environment was designed thanks to the Pedagogical model mediated by ICT, which within which was based on four pillars such as the theoretical component supported by the theories of Piaget, Vygotsky and Siemens, the methodological component was carried out thanks to the ERCA methodology (Experience, Reflection, Conceptualization and Application), the practical component developed thanks to the ADDIE instructional design model (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) and the ICT component which was emphasized the correct use of information and communication technologies for the inclusion of technical cas, tools and educational strategies of web 2.0 and 3.0 within the proposed web environment.

Keywords: Web environment, oral health, dental caries, education.

1. Introducción

Hoy en día tanto la salud como la educación han tomado un papel importante en la vida del ser humano, ya que gracias a estas se puede desarrollar investigar, cuestionar, inventar y producir nuevo conocimiento. Se considera que una persona que goce de salud está determinada y predispuesta a realizar cualquier actividad que esta se proponga. Sin embargo, una persona la cual no esté en su plena homeostasis no le permitirá desenvolverse y desarrollar sus actividades. En la actualidad es deber de cada individuo adquirir la mayor cantidad de información-conocimiento y este poder ser utilizado y porque no compartido con la sociedad, como es el caso de este trabajo.

La enfermedad a la cual se refiere forma parte de las patologías bucodentales, "La caries dental". Esta palabra es muy común escucharla en la sociedad, amigos, reuniones familiares, consultas médicas-odontológicas, entre otros lugares; pero sin conocer las verdaderas consecuencias y cómo esta repercute en nuestra vida-sociedad. Es importante mencionar que la Organización Mundial de la Salud (OMS/WHO) cataloga a la caries dental como una de las 3 patologías del cuerpo humano más frecuentes en la población y la primera dentro de las patologías bucales (Organización Mundial de la Salud, 2022). Basándonos en estos datos podemos mencionar que la caries dental es un problema de salud pública en el cual debemos trabajar para de esa manera no desarrollar interrelación con otras patologías por estadios avanzados de la caries y de esta manera no afectar la calidad de vida del paciente (Morales & Gómez, 2019).

Ortega & Cols. (2018); refieren que en el Ecuador la enfermedad más común refiriéndose en el campo de la odontología es la caries dental junto con las enfermedades periodontales tanto en zonas urbanas como rurales. En el Ecuador es la primera causa de motivo de consulta en el Centro de Salud de Tambillo, cantón Mejía, Pichincha, Ecuador (Sala situacional MSP, 2022).

Es importante mencionar, que la caries dental se puede prevenir y en estadios no tan avanzados puede ser tratada, lamentablemente los pacientes que llegan a consulta acuden cuando existe gran pérdida de estructura dental y la mayoría de ocasiones solo nos queda como última opción de tratamiento realizar la exodoncia de la unidad dental.

Numerosos estudios indican que la caries dental es una enfermedad multifactorial, dentro de los factores que destacan tenemos: Huésped (diente-saliva), dieta, edad, microorganismo (bacterias), tiempo, higiene oral. Todos estos factores se desarrollan de manera simultánea originando como producto final la enfermedad con sus signos y síntomas característicos (Calle & Cols., 2018). El tronco común por el cual los pacientes son afectados, es por el desconocimiento acerca de la enfermedad, cómo se produce, signos, síntomas, tratamientos y la parte más importante cómo prevenirla. Y es ese momento donde nos damos cuenta que el objetivo es poder educar al personal del Centro de Salud-Tambillo para que estos a su vez puedan transmitir a los pacientes lo referente a Salud bucal, y por ende prevenir las caries y demás patologías bucodentales. Ante lo expuesto con anterioridad, la presente investigación tiene como finalidad el uso adecuado de las TIC para fortalecer la educación en salud bucal del personal de salud que labora en la unidad operativa de Tambillo en el periodo junio-julio 2022.

2. Metodología

2.1. Enfoque de la investigación

El diseño metodológico de la investigación se define como los medios y técnicas elegidos y empleadas por el investigador para utilizarlos razonablemente en el objeto de investigación y dar una solución al problema planteado (Vallejo, 2002).

Sampieri (2019), refiere que, la meta de la investigación mixta no es reemplazar a la investigación cuantitativa ni a la cualitativa, sino utilizar las fortalezas de ambas y minimizar sus debilidades. Por otra parte, este mismo autor hace referencia que el enfoque mixto implica en un proceso de recolección, análisis y vinculación de información cuantitativa y cualitativa dentro de un mismo proceso de investigación para de esta manera responder al problema planteado.

Es por ello que el enfoque que persigue la presente investigación es Mixto (cualitativo y cuantitativo), ya que interviene la parte explicativa del problema de investigación, fundamentos teóricos-tecnológicos y la cuantificación de conocimiento acerca de salud bucal dentro del personal que labora en el centro de Salud-Tambillo.

En la actualidad se puede observar una que autores expertos manifiestan que las tendencias de los estudios actuales se inclinan hacia un enfoque holístico/mixto, ya que dentro del mismo objeto de investigación obtenemos explicación y comprensión de los hechos (Barrantes, 2014, p. 98).

2.2. Tipo de Investigación

Acerca del tipo de investigación en relación a la profundización del presente estudio, pertenece a una investigación de tipo Explicativa y Aplicada. Se va a utilizar un tipo de investigación Explicativa ya que se expondrá el estado actual de la educación en salud bucal del personal de la Unidad operativa de Tambillo por medios de los instrumentos de cotejo. Y adicional se la cataloga Aplicada ya que se diseñará y pondrá a disposición una página web donde se realice un fortalecimiento en salud bucal del personal del Centro de Salud-tambillo.

Zorrilla (1993), manifiesta que; la investigación aplicada busca fundamentalmente el progreso científico, avances, descubrimientos, y esta se enriquece ya que su interés está en la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos.

Los estudios explicativos por su parte se enfatizan en explicar la causa de un determinado fenómeno y cuáles son las condiciones por las cuales se produjo este. Mediante este tipo de investigación que requiere la combinación de métodos analíticos y sintéticos; se trata de responder o dar cuenta del porqué del objeto de estudio (Salinas & Cárdenas, 2009).

2.3. Población y Muestra

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la población es: “El conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones”. Por otra parte, Palella y Martins (2008), expresan que, la población es: “un conjunto de unidades de las que desea obtener información sobre las que se va a generar conclusiones”

Tamayo y Tamayo (2006), define la muestra como: "El conjunto de operaciones que se realizan para estudiar la distribución de determinados caracteres en totalidad de una población universo, o colectivo partiendo de la observación de una fracción de la población considerada". A su vez, Palella y Martins (2008), definen la muestra como: "una parte o el subconjunto de la población dentro de la cual deben poseer características reproducen de la manera más exacta posible".

Dentro del proceso investigativo se persigue el fortalecimiento de la educación de la salud bucal del personal del Centro de Salud-Tambillo. Al tener una población pequeña, la cual consta de 17 individuos (médicos, médico especialista, psicólogo, obstetríz, Enfermeras, auxiliar de enfermería, estadístico) excluyendo al departamento de odontología, se toma la totalidad de la población de la unidad operativa de salud como muestra para tener mayor confiabilidad en los datos extraídos. Es importante recalcar que se integra a todo el personal de la unidad de salud ya que el objetivo es evaluar que nivel de conocimiento en base a salud bucal poseen y al ser un grupo pequeño de análisis se tomó a la totalidad de individuos para de esa manera no tener sesgos en los resultados obtenidos.

2.4. Métodos, Técnicas e instrumentos

El modelo inductivo es un método basado en el razonamiento, el cual permite pasar de hechos particulares a principios generales, su fundamento consiste en observar hechos o experiencias con el fin de llegar a conclusiones que puedan inducir, o permitir derivar de ellos otras teorías (Prieto, 2017).

Por otra parte, el método deductivo; está basado en el razonamiento. En este caso la deducción intrínseca del ser humano permite pasar de principios generales a hechos particulares. Es decir, análisis de lo general de un tema una vez verificado se procede a aplicarlo a contextos particulares (Prieto, 2017).

En el presente estudió, se utilizó el Método inductivo ya que al poder observar una alta concurrencia a la consulta odontológica se puede manifestar que existe un problema en la salud bucal. De igual manera el uso del Método deductivo al momento de aplicar los instrumentos para poder diagnosticar el conocimiento de salud bucal del personal que trabaja en el Centro de Salud-Tambillo, gracias a los resultados se pudo deducir el nivel de salud bucal que maneja el personal en cuestión.

La técnica e instrumento que se empleó en la investigación fue una encuesta de selección múltiple en modalidad virtual denominada "Conocimientos de salud bucal" sobre una puntación máxima de 8; que se diseñó en base a de los criterios básicos sobre salud bucal que debe poseer un profesional de la salud; para de esta manera poder diagnosticar y determinar el conocimiento en salud bucal que posee el personal que labora en el centro de Salud-Tambillo.

3. Resultados

Una vez culminado con la aplicación de la Encuesta en línea denominada "Conocimiento de salud bucal", la cual fue desarrollada por los 17 profesionales de la salud que labora en la unidad operativa de Tambillo, se obtuvo como evidencia que el personal que trabaja en la unidad de salud antes detallada posee un conocimiento "bueno (6.05 /8 puntos)"

en relación los conocimientos básicos en salud bucal, datos que fueron arrojados gracias a la estadística de la encuesta. Es por dicha razón que se llega como concluyente que debemos reforzar la educación en salud bucal de los profesionales, para de dicha manera reducir las patologías bucodentales y entre ellas la caries dental la cual es motivo de consulta frecuente dentro de la unidad de salud de Tambillo. En base a los datos expuestos se enfatiza claramente que la aplicación de un Entorno web para la educación en salud bucal comunitaria del Centro de Salud-Tambillo, es totalmente factible y es motivo de investigación para el presente plan de titulación.

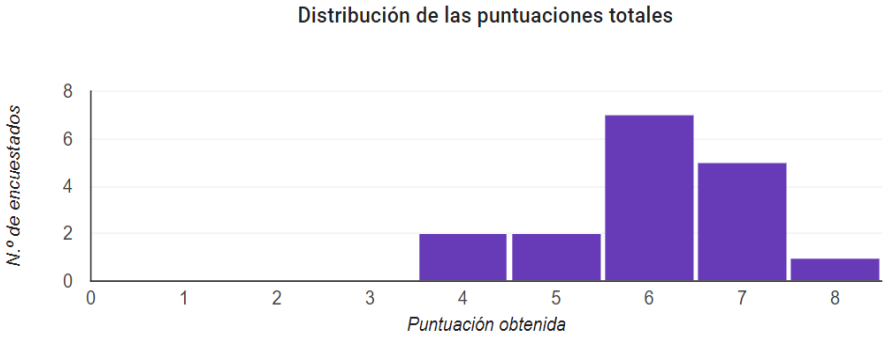


Figura 1 – Gráfico general de las puntuaciones obtenidas y número de encuestados.

4. Descripción de la propuesta

El proyecto denominado "Entorno web para la educación en salud bucal comunitaria del Centro de Salud-Tambillo", se realizó previamente una selección de los diferentes entornos web que posibilitarían desarrollar el proceso de enseñanza-aprendizaje de una manera eficaz. Se eligió el entorno web denominado JIMDO por todas las ventajas y funcionalidades que ofrece para realizar el contenido de salud bucal y con ello fortalecer los conocimientos del personal que se desempeña en el centro de salud de Tambillo. Refiriéndonos a las proyecciones pedagógicas, hacemos referencias que el diseño, creación y utilización de la página web para el fortalecimiento de la salud bucal del personal del Centro de Salud de Tambillo, está amparado bajo los cuatro pilares del Modelo Pedagógico mediado por TIC, las cuales son "Componente teórico, Componente metodológico, Componente práctico, TIC propiamente dichas". Dentro del componente teórico se hace referencia que se desarrolló la página web en base a las teorías del constructivismo, sociocultural y conectivismo; ya que como se lo explicó en las bases teóricas es de suma importancia que los estudiantes creen su propio conocimiento con guía dentro del proceso, realicen una inspección de su entorno para que entiendan la problemática y que utilicen como apoyo a las TIC para que su proceso de enseñanza aprendizaje sea facilitado por las tecnologías. En relación al componente metodológico se implementó en la página web la metodología de ERCA; ya que pretende construir conocimientos espontáneos, convirtiéndose en una forma efectiva de adquirir saberes a partir de cuatro fases: la experiencia, reflexión, conceptualización y aplicación. Dentro del componente práctico y uso de las TIC, se desarrolló un modelo del diseño

instruccional ADDIE, para realizar los procesos correctos para determinar el uso de las estrategias y TIC necesarias para la página web.

La propuesta del entorno web se encuentra en el link: https://silvadrsmile.jimdofree.com/

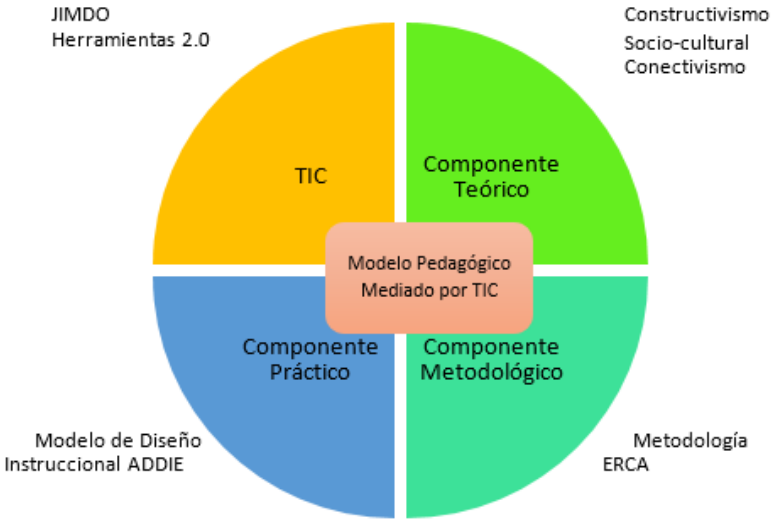


Figura 2 – Modelo Pedagógico Mediado por TIC.

Características	***JIMDO***	***Wix***	***GoDaddy***
Facilidad de uso	x		x
Dominio personalizado	x	x	x
Libre de publicidad	x	x	x
Formación de Videos	x	x	
Aplicación móvil	x	x	x
Asistencia	x	x	x

Tabla 1 – Comparativa de JIMDO con otros entornos web.

5. Conclusiones

- Se enfatizó a la caries dental como punto de partida, ya que la Organización Mundial de la Salud la cataloga dentro de los problemas de salud bucal. De igual manera se resaltó los fundamentos teórico-tecnológicos y su contribución al

fortalecimiento de la educación en salud bucal del personal que labora en el Centro de Salud Tambillo, dentro de estos fundamentos estaban las teorías del Constructivismo, Sociocultural y Conectivismo respectivamente y esta última se relaciona fuertemente con las herramientas tecno-educativas como la Web 2.0 y 3.0 respectivamente dentro del entorno web desarrollado.

Figura 3 – Estructura General de la Página web.

- El diagnóstico acerca de conocimientos básicos en temas de salud bucal propuesto se desarrolló por encuesta en línea, arrojando como resultado que el personal de la Unidad de Salud de Tambillo; maneja un conocimiento "bueno" en temas de salud bucal dándonos un puntaje dentro de la encuesta de "6.05 puntos". En base a estos resultados es óptimo el desarrollo de un entorno web para fortalecer el conocimiento en salud bucal.
- Se elaboró un Diseño Metodológico Pedagógico apoyado en TIC, en el cual se desarrolló un análisis por medio del modelo ADDIE, abordando sus aristas estructurales, de esta manera pudimos conformar de manera sistemática el componente teórico, componente metodológico, componente práctico o estrategias tecno-educativas y el uso adecuado de las TIC dentro del entorno web desarrollado para el fortalecimiento de la educación en salud bucal.
- La propuesta denominada "Entorno web para la educación en salud bucal comunitaria del Centro de Salud-Tambillo" fue validada por 5 especialistas que cumplían con los requisitos básicos para la misma. Los datos que se pudieron obtener fueron que los ítems correspondientes a pertinencia, aplicabilidad, factibilidad, novedad, fundamentación pedagógica, fundamentación Tecnológica obtuvieron la puntuación máxima de 25/25 en la característica de "Muy adecuado". Mientras que el ítem de Indicaciones para su uso obtuvo la puntuación de 10/25 en la característica de "Muy adecuado" y de 12/20 en la característica de "Bastante adecuado".

Referencias

Amador, J. C. (2018). Educación interactiva a través de narrativas transmedia: posibilidades en la escuela. Revista Internacional de Investigación en Educación, 10 (21), 77-94.

Abreu-Valdivia, Omar, Pla-López, Ramón, Naranjo-Toro, Miguel, & Rhea-González, Soraya. (2021). La pedagogía como ciencia: su objeto de estudio, categorías, leyes y principios. Información tecnológica, 32(3), 131-140. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642021000300131

Bernal-Álvarez T, Santos-Machado YP, Alzate-Yepes T, Morales-Mora ME, Agudelo-Suárez AA, Posada-López A, Martínez-Londoño A.Las nuevas tic y los Métodos Educativos Tradicionales (met) en la educación para la salud bucal en estudiantes de Básica Primaria. Rev Nac Odontol. 2014;10(19):15-22.doi: http://dx.doi.org/10.16925/od.v10i19.842

Calle-Sánchez MJ, Baldeon-Gutiérrez RE, Curto-Manrique J, Céspedes-Martínez DI, Góngora-León IA, Molina- Arredondo KE, Perona-Miguel de Priego GA. Teorías de caries dental y su evolución a través del tiempo: Revisión de literatura. Rev Cient Odontol (Lima). 2018; 6 (1): pp. 98-105. Recuperado de https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/odontologica/article/view/426/456

Estévez Arbolay, M., Pérez García, L., Morgado Marrero, D., Jiménez Marín, O., & Carmona Pérez, S. (2021). La educación de adolescentes en higiene bucal mediada por las Tecnologías de la Información y las comunicaciones. Gaceta Médica Espirituana, 23(3). Recuperado de http://revgmespirituana.sld.cu/index.php/gme/article/view/2341/2361

Fardoun, H., González, C., Collazos, C., & Yousef, M. (2020). Estudio exploratorio en Iberoamé-rica sobre procesos de enseñanza-aprendizaje y propuesta de evaluación en tiempos de pandemia. Education in the Knowledge Society (EKS), 21 (0), 9

Fleites Did, Tania Yanet, Gispert Abreu, Estela de los Ángeles, Quintero Fleites, Eva Josefina, Castell-Florit Serrate, Pastor, & Blanco Barbeito, Nubia. (2021). Necesidades educativas sobre salud bucodental en el grado prescolar. Revista Cubana de Estomatología, 58(2), e3069. Epub 16 de abril de 2021. Recuperado en 25 de abril de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75072021000200004&lng=es&tlng=es.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6a. ed. --.). México D.F.: McGraw-Hill.

Mattos Vela, M., Moromi Nakata, H. (2020). Salud Bucal en América Latina. Odontología Sanmarquina. 23(1). Recuperado de https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/odont/article/view/17499/14699

Molina, Rocio. (2021). Educación, salud bucodental y Tic en la enseñanza aprendizaje. Revista Killkana Sociales, 5(2), 51-60.

Montoya Acosta, Luis Alberto, Parra Castellanos, María del Rosario, Lescay Arias, Michel, Cabello Alcivar, Oscar Andrés, & Coloma Ronquillo, Gabriella Michelle. (2019). Pedagogical theories that support learning with the use of Information and communication technologies. Revista Información Científica, 98(2), 241-255. Recuperado en 25 de abril de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-99332019000200241&lng=es&tlng=en.

Morales Miranda, Liz, & Gómez Gonzáles, Walter. (2019). Caries dental y sus consecuencias clínicas relacionadas al impacto en la calidad de vida de preescolares de una escuela estatal. Revista Estomatológica Herediana, 29(1), 17-29. https://dx.doi.org/10.20453/reh.v29i1.3491

Ortega Pérez, F., Guerrero, A., & Aliaga, P. (2018). Determinantes sociales y prevalencia de la caries dental en población escolar de zonas rurales y urbanas de Ecuador. OdontoInvestigación, 4(2). https://doi.org/10.18272/oi.v4i2.1281

Palella, S. y Martins, F. (2008). Metodología de la Investigación Cuantitativa (2ª Edición). Caracas: FEDUPEL.

Prieto Castellano, B. (2017). El uso de los métodos deductivo e inductivo para aumentar la eficiencia del procesamiento de adquisición de evidencias digitales. Cuadernos de contabilidad. 18(46). Recuperado de http://www.scielo.org.co/pdf/cuco/v18n46/0123-1472-cuco-18-46-00056.pdf

Salinas, P., Cárdenas, M. (2009). Métodos de investigación social. (2da ED.). Quito-Ecuador. CESPAL. Recuperado de https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/55363.pdf

Sesento García, L. (2017): "El constructivismo y su aplicación en el aula. Algunas consideraciones teórico-pedagógicas", Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo (junio 2017). Recuperado de: https://www.eumed.net/rev/atlante/2017/06/constructivismo-aula.html

Vallejo, Maite. (2002). El diseño de investigación: una breve revisión metodológica. Archivos de cardiología de México, 72(1), 08-12. Recuperado en 04 de mayo de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-99402002000100002&lng=es&tlng=es.

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

Recebido/Submission: 24/07/2022
Aceitação/Acceptance: 27/11/2022

Problema da Distribuição do Serviço Docente: Uma Análise Bibliométrica desde 1976 até 2021

José Joaquim Moreira[1], Joaquim Manuel Costa[1], Jorge Pereira Duque[1]

jose.moreira@islagaia.pt; joaquim.costa@islagaia.pt; jorge.duque@islagaia.pt

[1] ISLA – Instituto Politécnico de Gestão e Tecnologia, V.N. Gaia, Portugal

Pages: 226-244

Resumo: Recorrendo à metodologia de análise bibliométrica, fazemos uma análise das publicações científicas relacionadas com o Problema da Distribuição do Serviço Docente (PDSD), no inglês "*Teacher Assignment Problem*" (TAP), publicadas desde 1976 até 2021 nas bases de dados científicas de referência. Começamos por identificar 168 artigos, que, depois de aplicados os critérios de exclusão, permaneceram para análise 34 artigos. De seguida, identificamos os autores relevantes, os artigos mais citados, os países de origem e as palavras-chave mais populares, bem como as relações de acoplamento bibliográfico, cocitação e técnicas de resolução do problema, permitindo sistematizar e ilustrar graficamente a evolução das publicações ao longo do tempo. Assim, por um lado, conseguimos obter uma visão geral do cenário científico da evolução das publicações relacionadas com o PDSD, e por outro lado, verificamos que ainda existe margem para contribuição nesta área.

Palavras-chave: Distribuição Serviço Docente, Teacher Assignment Problem, Análise Bibliométrica.

Teacher Assignment Problem: A Bibliometric Analysis from 1976 to 2021

Abstract: Using the bibliometric analysis methodology, we analyzed the scientific publications related to the Teacher Assignment Problem (TAP) published from 1976 to 2021 in the reference scientific databases. We began by identifying 168 articles, and after applying the exclusion criteria, 34 articles remained for analysis. Next, we identified the relevant authors, the most cited articles, source countries, and most popular keywords, as well as bibliographic coupling relationships, cocitation, and problem-solving techniques, allowing us to systematize and graphically illustrate the evolution of publications over time. Thus, on the one hand, we were able to obtain an overview of the scientific scenario of the evolution of publications related to TAP, and on the other hand, we verified that there is still margin for contribution in this area.

Keywords: Teacher Assignment Problem, Bibliometric Analysis.

1. Introdução

Um dos problemas recorrentes em todos os anos, que uma instituição de ensino superior tem de resolver é a Distribuição do Serviço Docente (DSD). Esta é uma fase crucial, pois é quase imperativo que a Distribuição do Serviço Docente seja totalmente definida antes do processo de geração de horários. Hoje, quase todas as atividades de planeamento e gestão universitária tendem a ser automatizadas ou auxiliadas recorrendo à computação para gerar soluções de forma automática ou semiautomática.

Na literatura, a temática relacionada com a resolução automática da DSD, começou a ser explorada em 1976, onde Breslaw (Breslaw, 1976) trata a mesma com a designação de "*Faculty Assignment Problem*". A partir de 1997, começou a usar-se também a designação "*Teacher Assignment Problem*" (TAP) (Hultberg & Cardoso, 1997) (Wang, 2002) (Aldy Gunawan, Ng, & Ong, 2008).

O principal objetivo deste artigo é o de obter uma visão geral do cenário científico da evolução das publicações científicas relacionadas com o TAP a nível mundial. Para elaborar este levantamento científico identificamos para cada artigo os seguintes dados: ano, tipo de publicação, autores relevantes, países, acoplamento bibliográfico, citações, cocitações, metodologias e técnicas utilizadas na resolução do TAP.

O presente artigo foi desenvolvido seguindo a metodologia de análise bibliométrica que utiliza técnicas de medição de performance e redes de produção e disseminação do conhecimento científico, sobre a temática do TAP no período do ano de 1976, ano de registo do primeiro artigo sobre a temática nas bases de dados científicas, até ao ano de 2021.

Este trabalho encontra-se dividido em 7 capítulos. Na introdução, fazemos o enquadramento do trabalho, no capítulo 2 apresentamos o problema da Distribuição do Serviço Docente (*Teacher Assignment Problem*). A seguir, no capítulo 3 abordamos a metodologia utilizada para a investigação, fazendo a fundamentação da análise bibliométrica e os procedimentos metodológicos, descrevendo como foi desenvolvida. Nos capítulos 4 e 5 apresentamos os resultados obtidos, através da análise bibliométrica e da análise da rede de publicações, bem como a sua discussão e interpretação. No capítulo 6 apresentamos uma síntese do levantamento dos métodos e técnicas que os autores propõem para a solução do problema distribuição de serviço docente, e por fim, no capítulo 7 apresentamos as conclusões finais do trabalho, bem como sugestões de futuras investigações.

2. Distribuição do Serviço Docente (*Teacher Assignment Problem*)

O problema da Distribuição de Serviço Docente consiste em atribuir a docentes aulas de unidades curriculares – teóricas, teórico-práticas, práticas ou laboratoriais – tendo em conta as suas preferências e habilitações destes para as lecionar (Moreira & Reis, 2009a) e cumprindo um conjunto de restrições impostas pela legislação. Os problemas de escalonamento da Gestão Universitária são muitas vezes modelados como problemas de otimização combinatória e resolvidos de forma automática utilizando metodologias típicas de resolução destes problemas (Schaerf, 1999).

Além do problema da Distribuição de Serviço Docente, outros problemas de escalonamento comumente encontrados na Gestão Universitária são os seguintes (Reis & Oliveira, 2001) (Kingston, 2013): Horários Universitários, Calendarização de Exames, Alocação de Salas. Outros problemas de escalonamento são resolvidos no dia-a-dia de cada Universidade. De entre estes, destacam-se a definição do número de turmas de cada unidade curricular, a atribuição dos estudantes às turmas, o horário de estudante, a alocação de vigilantes para exames e a marcação de reuniões.

3. Materiais e Métodos

O presente artigo visa efetuar uma caraterização e análise das publicações científicas relacionadas com a temática de "*Teacher Assignment Problem*" (TAP), produzidas desde que há registo em base de dados científicas (1976) até 2021, nas seguintes bases dados: Scopus, Web of Science, ScienceDirect, IEEE Xplore Digital, ACM Library e Google Scholar. Para isso, efetuamos uma revisão estruturada da literatura, recorrendo à metodologia de análise bibliométrica. Para efetuar a análise utilizamos o modelos de cinco etapas (Fahimnia, Sarkis, & Davarzani, 2015) para a recolha de dados e avaliação abrangente da temática, com o objetivo de identificar os artigos e autores mais influentes, determinar as metodologias e técnicas de resolução mais relevantes e orientações para a investigação futura. Apresentamos as cinco etapas em detalhes a seguir.

3.1. Definição dos termos de pesquisa

Termos e *Queries* de pesquisa

Fizemos um levantamento das palavras e expressões usadas ao longo do tempo para identificar a temática. Assim, definimos as seguintes keywords: "*Teacher Assignment Problem*", "*Teaching Assignment Problem*", "*Academic Load Distribution*" "*Teaching Service Distribution*", "*Faculty Assignment Problem*", "*Teacher Allocation*".

Definimos um conjunto de *queries* e aplicamos na pesquisa avançada, no sistema web de cada uma das bases científicas identificadas anteriormente. As *queries* definidas são apresentadas na tabela 1:

Base dados	***Queries* de pesquisa**
SCOPUS	TITLE-ABS-KEY ("Teacher Assignment Problem" OR "Teaching Assignment Problem" OR "Academic Load distribution" OR "Teaching Service Distribution" OR "Faculty assignment problem" OR "Teacher Allocation")
Web of Science	TI= ("Teacher Assignment Problem" OR "Teaching Assignment Problem" OR "Academic Load distribution" OR "Teaching Service Distribution" OR "Faculty assignment problem" OR "Teacher Allocation") OR AB= ("Teacher Assignment Problem" OR "Teaching Assignment Problem" OR "Academic Load distribution" OR "Teaching Service Distribution" OR "Faculty assignment problem" OR "Teacher Allocation") OR AK= ("Teacher Assignment Problem" OR "Teaching Assignment Problem" OR "Academic Load distribution" OR "Teaching Service Distribution" OR "Faculty assignment problem" OR "Teacher Allocation")
Science Direct	"Teacher Assignment Problem" OR "Teaching Assignment Problem" OR "Academic Load distribution" OR "Teaching Service Distribution" OR "Faculty assignment problem" OR "Teacher Allocation"

Base dados	*Queries* de pesquisa
IEEE Xplore Digital	(“Document Title”:”Teacher Assignment Problem” OR “Abstract”:”Teacher Assignment Problem” OR “Index Terms”:”Teacher Assignment Problem” OR title:”Teaching Assignment Problem” OR “Abstract”:”Teaching Assignment Problem” OR “Index Terms”:”Teaching Assignment Problem” OR title:”Academic Load distribution” OR “Abstract”:”Academic Load distribution” OR “Index Terms”:”Academic Load distribution” OR title:”Teaching Service Distribution” OR “Abstract”:”Teaching Service Distribution” OR “Index Terms”:”Teaching Service Distribution” OR title:”Faculty assignment problem” OR “Abstract”:”Faculty assignment problem” OR “Index Terms”:”Faculty assignment problem” OR title:”Teacher Allocation” OR “Abstract”:”Teacher Allocation” OR “Index Terms”:”Teacher Allocation”)
ACM Library	“Teacher Assignment Problem” OR “Teaching Assignment Problem” OR “Academic Load distribution” OR “Teaching Service Distribution” OR “Faculty assignment problem” OR “Teacher Allocation”
Google Scholar	Usamos a Aplicação Publish Or Perish, aplicando a Query definida para a Scopus

Tabela 1 – Definição de *Queries* de pesquisa

3.2. Resultados iniciais

No dia 3 de março de 2022, procedemos à aplicação das *queries* de pesquisa definidas em cada uma das bases de dados científicas, usando as ferramentas avançadas de pesquisa em cada sistema web. Para a base de dados do Google Scholar, usamos a aplicação *Publish Or Perish*, aplicando a *query* definida para a Scopus. Não foi colocado qualquer filtro a nível do tipo de publicação ou a nível de ano. Assim, nesta pesquisa foram obtidas um total de 168 publicações, distribuídas da seguinte forma, como apresentado na tabela 2.

Scopus	Web of Science	Science Direct	IEEE Xplore Digital	ACM Library	Google Scholar	Total
42	25	10	0	6	85	168

Tabela 2 – Resultados iniciais

3.3. Refinamento dos resultados

Todas as 168 publicações foram analisadas e procedemos à aplicação de um conjunto de critérios de exclusão: 1) duplicados; 2) posters, editorial, tutorial, atas e teses; 3) artigo não disponível; 4) artigo fora do domínio. Em caso de publicações duplicadas, consideramos a publicação na seguinte ordem de preferência: Scopus, Web of Science, Science Direct, IEEE Xplore Digital, ACM Library, Google Scholar.

Foram excluídas 133 publicações: 59 duplicadas e 74 pela aplicação dos outros critérios: 2) 5; 3) 5; 4) 64. Assim, depois da aplicação dos critérios de exclusão foram obtidos um total de 34 publicações, distribuídas da seguinte forma, tabela 3:

Scopus	Web of Science	Science Direct	IEEE Xplore Digital	ACM Library	Google Scholar	Total
22	0	0	0	0	12	34

Tabela 3 – Resultados depois do refinamento

3.4. Estatísticas iniciais

Das 34 publicações que permaneceram depois da aplicação dos critérios de exclusão, 23 são artigos de revista científica e 11 são artigos de conferência. Na figura 1, podemos observar a tendência de publicações ao longo do período em análise (1976-2021).

Figura 1 – Tendência de publicações por ano

Apesar do período em análise, compreender 45 anos, apenas em 22 anos existiram publicações de artigos. Assim, o primeiro artigo foi publicado em 1976, e, apenas 11 anos mais tarde, em 1987, existem publicações, depois em 1989, e, depois passados 6 anos, em 1995 e 1997, voltando a ter um interregno de 5 anos, para ter novamente artigos em 2002. A partir do ano de 2002, a temática tem merecido a atenção da comunidade científica, registando-se 5 artigos publicados nos anos de 2013 e 2020. Salientamos que do ano de 2002 a 2021, existem publicações em todos os anos, com exceção dos anos de 2003, 2005 e 2012.

Podemos ainda observar que a quantidade máxima de publicação de artigos foi de 5 por ano, nos seguintes anos: 2013 e 2020, 3 artigos: 2018, 2 artigos: 1987 e 2015, em todos os outros anos, apenas 1 artigo.

3.5. Análise dos dados

Realizamos a análise dos dados das 34 publicações em duas partes, uma "análise bibliométrica" e uma "análise de rede", apresentadas respetivamente nos capítulos 4 e 5. Antes de procedermos à análise automática com as ferramentas selecionadas, foi necessário adicionar os registos (artigos) obtidos via Google Scholar ao ficheiro com o formato Scopus.

Em ambas as análises, usamos o MS Excel e o Google Sheets, na preparação inicial, no agrupamento dos dados e criação dos gráficos. Usamos ainda o pacote de software VOSviewer para construção e visualização de redes bibliométricas. Na figura 2, podemos observar a tendência de publicações e a respetiva quantidade de citações ao longo do período em análise (1976-2021).

Os artigos com mais citações foram publicados entre 1995 e 2007, com a média de 31 citações, sendo que o artigo publicado em 2007 tem 54 citações. Destacamos ainda que o primeiro artigo é de 1976, tem 29 citações.

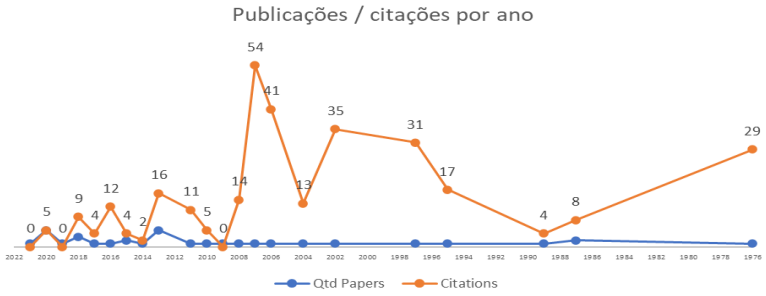


Figura 2 – Publicações / citações por ano

4. Análise bibliométrica

A análise bibliométrica incidiu nos seguintes dados: título do artigo, autores, ano de publicação, país de origem, citações, palavras-chave e referências. As próximas secções fornecem estatísticas de autor, país de origem e palavras-chave.

4.1. Artigos

Na tabela 4, podemos visualizar a lista de todos os 34 artigos analisados neste trabalho, com os seguintes dados: título e quantidade de citações, por ordem decrescente de ano de publicação.

#	Título	Cit.
1	A mathematical programming tool for an efficient decision-making on teaching assignment under non-regular time schedules (Cutillas, Pérez-Perales, & Díaz, 2021)	0
2	Interactive planning of competency-driven university teaching staff allocation (Szwarc, Wikarek, Gola, Bocewicz, & Banaszak, 2020)	0
3	Group teaching optimization algorithm: A novel metaheuristic method for solving global optimization problems (Zhang & Jin, 2020)	4
4	Multi-objective Faculty Course Timeslot Assignment Problem with Result-and Feedback-Based Preferences (Bhoi & Dhodiya, 2021)	0
5	A Decision Support Tool for Multi-Objectives Teaching Assignment Problem (T.S., Bu., & Jafreezal, 2020)	1
6	The department team teaching assignment problem using zero-one integer programming (Mat Saleh, Awang Ali, & Jamian, 2020)	0
7	Analysis of Integer Programming Model of Academic Load Distribution (L. Zaozerskaya, 2019)	
8	Modeling and solving academic load distribution problem (L. A. Zaozerskaya, Plankova, & Devyaterikova, 2018)	3
9	Competence Management in Teacher Assignment Planning (Szwarc, Bach-Dąbrowska, & Bocewicz, 2018)	5
10	An intelligent bio-inspired algorithm for the faculty scheduling problem (Al-Negheimish et al., 2018)	1

#	Título	Cit.
11	Optimizing student learning: a faculty-course assignment problem using linear programming (Ongy, 2017)	4
12	A MILP model for the teacher assignment problem considering teachers' preferences (Domenech & Lusa, 2016)	12
13	Modelling practical placement of trainee teachers to schools (Cechlárová, Fleiner, Manlove, McBride, & Potpinková, 2015)	4
14	Approximation algorithms for the teachers assignment problem (Cechlárová, Eirinakis, et al., 2015)	0
15	A mathematical model and a GRASP metaheuristic for a faculty-course assignment problem for a University in Saudi Arabia (Hamdi, 2014)	2
16	A column generation mathematical programming approach for a class-faculty assignment problem with preferences (Al-Yakoob & Sherali, 2013)	5
17	Multi-agent system for teaching service distribution with coalition formation (Moreira & Reis, 2013)	5
18	A heuristic algorithm for solving the faculty assignment problem (Hosny, 2013)	5
19	A Genetic Algorithm based Solution to the Teaching Assignment Problem (DavidWilson, Davies, & Stanton, 2013)	1
20	Solving Teacher Assignment problem by Asynchronous Cooperative Parallel Genetic Algorithm (Ebtehal TurkiAlotaibi, EntesarAyedAlonizi, Fatima Mohammed Jeddoh & ShahadSaleh Algefari, Abdullah Asheddy, 2014)	0
21	Solving the teacher assignment problem by two metaheuristics (Aidy Gunawan & Ng, 2011)	11
22	Teaching assignment problem solver (Hmer & Mouhoub, 2010)	5
23	Teaching service distribution as coalition formation (Moreira & Reis, 2009b)	0
24	A genetic algorithm for the teacher assignment problem for a University in Indonesia (Aldy Gunawan et al., 2008)	14
25	Solving the teacher assignment-course scheduling problem by a hybrid algorithm (Aldy Gunawan, Ng, & Poh, 2007)	54
26	Mathematical programming models and algorithms for a class-faculty assignment problem (Al-Yakoob & Sherali, 2006)	41
27	Preferences based decision-making model (PDM) for faculty course assignment problem (Parthiban, Ganesh, Narayanan, & Dhanalakshmi, 2004)	13
28	An application of genetic algorithm methods for teacher assignment problems (Wang, 2002)	35
29	The teacher assignment problem: A special case of the fixed charge transportation problem (Hultberg & Cardoso, 1997)	31
30	A knowledge based approach to the faculty-course assignment problem (Partovi & Arinze, 1995)	17
31	An improved approach to solution of the faculty assignment problem (Yang & Pineno, 1989)	4
32	A Simulation of the Faculty-Assignment Problem: An Integer Programming Approach (Chin W. Yang & Kim, 2015)	2
33	Modeling multiple criteria in the faculty assignment problem (McClure & Wells, 1987)	6
34	A linear programming solution to the faculty assignment problem (Breslaw, 1976)	29

Tabela 4 – Artigos em análise

4.2. Autores relevantes

Na tabela 5, podemos observar os autores relevantes (primeiro autor), com o número de artigos e a respetiva quantidade de citações. Da análise da tabela concluímos que 1 autor tem 3 artigos, 6 autores têm 2 artigos, tendo estes 7 autores, 148 citações. Os outros 19 autores, não apresentados na tabela, têm 1 publicação cada um, com um total de 166 citações. Assim, os 34 artigos, têm um total de 314 citações.

Primeiro autor	Quantidade artigos	Citações
Gunawan A.	3	79
Al-Yakoob S.M.	2	46
Yang C.W.	2	6
Moreira J.J.	2	5
Szwarc E.	2	5
Cechlárová K.	2	4
Zaozerskaya L.A.	2	3
7	15	148

Tabela 5 – Lista de autores, com 2 ou mais artigos e citações

Na tabela 6, apresentamos a lista de autores com 5 ou mais citações, que somam 294 das 314 citações.

Primeiro autor	Citações	%
Gunawan A.	79	26,9
Al-Yakoob S.M.	46	15,6
Wang Y.-Z.	35	11,9
Hultberg T.H.	31	10,5
Breslaw J.A.	29	9,9
Partovi F.Y	17	5,8
Parthiban P.	13	4,4
Domenech B.	12	4,1
Yang C.W.	6	2,0
McClure R.H.	6	2,0
Moreira J.J.	5	1,7
Szwarc E.	5	1,7
Hmer A.	5	1,7
Hosny M.I	5	1,7
14	294	

Tabela 6 – Autores com 5 ou mais citações

Na tabela 7, apresentamos a lista dos 16 artigos com 5 ou mais citações, que somam 288 das 314 citações.

Artigo	Cit.	%
25 (Aldy Gunawan, Ng, & Poh, 2007)	54	18,8
26 (Al-Yakoob & Sherali, 2006)	41	14,2
28 (Wang, 2002)	35	12,2
29 (Hultberg & Cardoso, 1997)	31	10,8
34 (Breslaw, 1976)	29	10,1
30 (Partovi & Arinze, 1995)	17	5,9
24 (Aldy Gunawan et al., 2008)	14	4,9
27 (Parthiban, Ganesh, Narayanan, & Dhanalakshmi, 2004)	13	4,5
12 (Domenech & Lusa, 2016)	12	4,2
21 (Aidy Gunawan & Ng, 2011)	11	3,8
33 (McClure & Wells, 1987)	6	2,1
9 (Szwarc, Bach-Dąbrowska, & Bocewicz, 2018)	5	1,7
16 (Al-Yakoob & Sherali, 2013)	5	1,7
17 (Moreira & Reis, 2013)	5	1,7
18 (Hosny, 2013)	5	1,7
22 (Hmer & Mouhoub, 2010)	5	1,7
16	288	

Tabela 7 – Artigos com 5 ou mais citações

4.3. Estatísticas de países

País	Artigos	Citações
Singapore	3	79
Kuwait	2	46
Portugal	3	36
Taiwan	1	35
Canada	2	34
United States	4	29
India	2	13
Spain	2	12
Saudi Arabia	4	8
Poland	2	5
10	25	297

Tabela 8 – 10 Países com mais citações

Os autores que contribuíram com 2 ou mais artigos, têm origem em 10 países de um total de 17 países, contribuindo com 25 artigos em 34, somando um total de 297 citações em 314. Na tabela 8, podemos observar a lista dos 10 países com mais citações.

4.4. Estatísticas de palavras-chave

Seguidamente vamos apresentar, as palavras-chave mais frequentemente usadas pelos autores na lista das palavras-chave.

Na tabela 9, podemos observar a lista das palavras-chave mais frequentemente usadas pelos autores, pelo menos com duas ocorrências.

Palavra-chave	Frequência	Palavra-chave	Frequência
Teaching	8	Class Scheduling	2
Assignment Problems	7	Computational Results	2
Scheduling	6	Education	2
Combinatorial Optimization	5	Electric Power Plant Loads	2
Algorithms	4	Genetic Algorithms	2
Integer Programming	4	Integer Linear Programming	2
Linear Programming	4	Mixed-Integer Programming	2
Optimization	4	Np-Completeness	2
Teacher Assignment Problem	4	Pareto Optimal Solutions	2
Timetabling	4	Pareto Principle	2
Mathematical Models	3	Teacher Assignment	2
Mathematical Programming	3	Teaching Assignment Problem	2
Problem Solving	3	Timetabling Problem	2
Bicriteria Problems	2		

Tabela 9 – Palavras-chave mais usados nos artigos

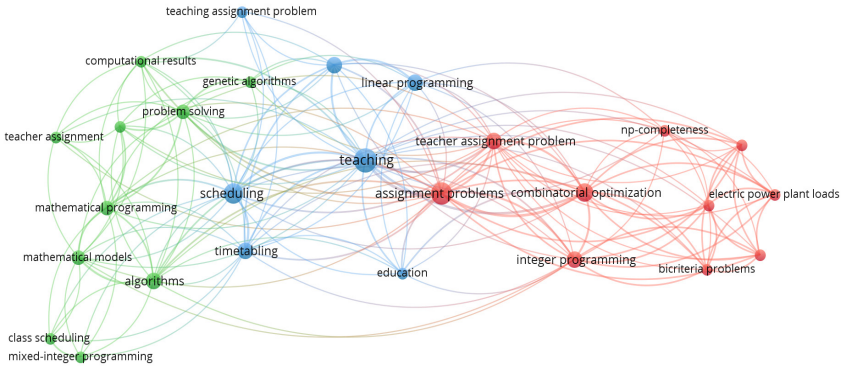


Figura 3 – Palavras-chave mais populares

Na figura 3, apresentamos a representação gráfica das palavras-chave mais frequentemente usadas, gerada através do software VOSviewer.

5. Análise da rede de publicações

Na análise da rede de publicações recorremos às técnicas de acoplamento bibliográfico e de cocitação. As relações de acoplamento bibliográfico e cocitação entre dois artigos são criadas através de um terceiro artigo. Assim, quando dois artigos são citados por um terceiro artigo, existe uma relação de cocitação entre eles (Small, 1973). De forma idêntica, quando dois artigos citam o mesmo artigo, eles são bibliograficamente acoplados (Kessler, 1963). As próximas secções apresentam a aplicação destas técnicas de mapeamento científico.

5.1. Acoplamento bibliográfico

Através da técnica de acoplamento bibliográfico, vamos estabelecer relações entre os 34 artigos analisados neste trabalho.

A tabela 10, mostra o agrupamento de autores de acordo com o acoplamento bibliográfico. Apresenta 5 agrupamentos (*clusters*) com os respetivos artigos, quantidade de citações e quantidade de ligações.

Cluster	Artigos	Cit.	Ligações	Artigos	Cit.	Ligações
1	Cechlárová K. (2015a)	4	4	Zaozerskaya L.A. (2019)	0	5
	Cechlárová K. (2015b)	0	2	Zaozerskaya L.A. (2018)	3	9
	Hultberg T.H. (1997)	31	2			
2	Hmer A. (2010)	5	5	Szwarc E. (2020)	0	22
	Szwarc E. (2018)	5	26			
3	Al-Negheimish S. (2018)	1	9	Moreira J.J. (2013)	5	25
	Moreira J.J. (2009)	0	5			
4	Gunawan A. (2008)	14	24	Wang Y.-Z. (2002)	35	3
	Gunawan A. (2011)	11	30			
5	Al-Yakoob S.M. (2006)	41	6	Domenech B. (2016)	12	22
	Al-Yakoob S.M. (2013)	5	9			
5				17	172	208

Tabela 10 – Análise de agrupamento baseada em relações de acoplamento bibliográfico

5.2. Análise de cocitação

Através da técnica de análise de cocitação, establecemos relações entre os 34 artigos analisados neste trabalho. A tabela 11, mostra o agrupamento de autores de acordo com a relação de cocitação, filtrando artigos que tenham pelo menos 5 citações e apresenta 4 agrupamentos (*clusters*) com os respetivos autores, quantidade de citações e quantidade de ligações.

Cluster	Artigos	Cit.	Ligações	Artigos	Cit.	Ligações
1	Birbas, T.	7	121	Housos, E.	6	101
	Burke, E.K.	18	265	Laporte, G.	6	100
	Carter, M.W.	6	100	Petrovic, S.	9	158
	Daskalaki, S.	8	127	Qu, R.	5	98
	De Werra, D.	8	96			
2	Bocewicz, G.	5	101	Szwarc, E.	6	117
	Gunawan, A.	16	292	Wang, Y.Z.	6	120
	Ng, K.M.	15	274	Wikarek, J.	5	95
	Poh, K.L.	6	113			
3	Glover, F.	6	83	Ong, H.L.	6	121
	Lau, N.	5	125	Reis, L.P.	20	269
4	Cardoso, D.M.	6	109	Kolokolov, A.A.	8	43
	Hultberg, T.H.	6	109	Zaozerskaya, L.A.	7	41
4				24	196	3178

Tabela 11 – Análise de agrupamento baseada em relações de cocitação

5.3. Análise de citações entre os autores dos artigos em estudo

Nesta secção estabelecemos relações entre os 34 artigos analisados neste trabalho, através de uma análise da quantidade de citações que os autores dos 34 artigos citam algum artigo de um autor deste mesmo conjunto de artigos.

Assim, constatamos que, a comunidade científica que investiga nesta temática, está atenta aos trabalhos dos colegas, e acha muitos dos autores relevantes a ponto de os citar nos seus artigos. Assim, os 34 artigos em estudo somam um total de 122 citações de artigos do primeiro autor de um dos 34 artigos. O artigo 9 cita 16 artigos de autores do conjunto de artigos. Apenas 6 artigos não fazem qualquer referência a artigos de autores do conjunto de artigos, e, apenas 5 autores de artigos do conjunto não são citados. Ainda, constatamos que 18 autores fazem autocitação, citando artigos da sua autoria.

Seguidamente, estabelecemos relações entre os 34 artigos analisados neste trabalho, através de uma análise da quantidade de citações que os autores dos 34 artigos citam algum artigo deste mesmo conjunto de artigos. Na tabela 12, temos um quadro com todos os artigos, com citações, em linha e coluna. Em cada linha da tabela aparece um “X” numa determinada coluna, sempre que o autor do artigo cita o artigo identificado na coluna.

Analisando a tabela anterior, constatamos, que os 34 artigos em estudo somam um total de 51 citações a artigos do conjunto de artigos. O artigo 9 cita 8 artigos do conjunto de artigos. 15 artigos não fazem qualquer referência a artigos do conjunto de artigos, e 18 artigos do conjunto não são citados.

Artigo	**8**	**11**	**13**	**16**	**17**	**18**	**19**	**22**	**23**	**25**	**26**	**27**	**29**	**30**	**33**	**34**	**T**
2 (Szwarc et al., 2020)		X				X		X	X				X	X			6
4 (Bhoi & Dhodiya, 2021)		X			X												2
5 (T.S. et al., 2020)									X								1
6 (Mat Saleh et al., 2020)																X	1
7 (L. Zaozerskaya, 2019)	X													X			2
8 (L. A. Zaozerskaya et al., 2018)														X			1
9 (Szwarc et al., 2018)				X		X	X		X	X	X		X	X			8
10 (Al-Negheimish et al., 2018)							X	X		X	X						4
12 (Domenech & Lusa, 2016)								X		X			X	X			4
14 (Cechlárová, et al., 2015)			X														1
16 (Hamdi, 2014)						X	X		X								3
17 (Al-Yakoob & Sherali, 2013)												X					1
18 (Moreira & Reis, 2013)								X	X	X			X	X			5
21 (Ebtehal et al, 2014)								X		X							2
22 (Aidy Gunawan & Ng, 2011)											X		X			X	**3**
25 (Aldy Gunawan et al., 2008)													X			X	**2**
28 (Parthiban et al., 2004)														X		X	**2**
31 (Partovi & Arinze, 1995)															X	X	**2**
33 (McClure & Wells, 1987)																X	**1**
T	1	2	1	1	1	3	3	5	5	5	3	1	6	7	1	6	51

Tabela 12 – Citações entre os artigos em estudo

6. Métodos e técnicas de resolução

Neste capítulo fazemos o levantamento dos métodos e técnicas que os autores dos 34 artigos em análise propõem para a solução da Distribuição de Serviço Docente. A tabela 13, mostra as técnicas mais usadas nos artigos analisados.

Técnica	**Artigos**
Mixed Integer Linear Programming	(Cutillas et al., 2021); (Ongy, 2017); (Domenech & Lusa, 2016); (Al-Yakoob & Sherali, 2013); (Al-Yakoob & Sherali, 2006); (Hultberg & Cardoso, 1997)
Genetic Algorithm	(Wang, 2002); (Aldy Gunawan et al., 2008); (DavidWilson et al., 2013); (T.S. et al., 2020)
Integer Linear Programming	(Breslaw, 1976); (L. Zaozerskaya, 2019); (L. A. Zaozerskaya et al., 2018); (Cechlárová, Fleiner, et al., 2015); (Chin W. Yang & Kim, 2015); (McClure & Wells, 1987)
Constraint Satisfaction Problems	(Szwarc et al., 2020); (Hmer & Mouhoub, 2010)
Greedy	(Aldy Gunawan et al., 2007); (Cechlárová, Eirinakis, et al., 2015)
Simulated Annealing	(Aidy Gunawan & Ng, 2011)
Zero-One Integer Programming	(Mat Saleh et al., 2020); (Yang & Pineno, 1989)
Analytic Hierarchy Process	(Parthiban et al., 2004)
Asynchronous Cooperative Parallel Search	(Ebtehal TurkiAlotaibi et al, 2014)
Bees Algorithm	(Al-Negheimish et al., 2018)
Column Generation	(Al-Yakoob & Sherali, 2013)
Demon algorithm	(Al-Negheimish et al., 2018)
Fuzzy Programming	(Bhoi & Dhodiya, 2021)
GRASP	(Hamdi, 2014)
Group Teaching Optimization Algorithm	(Zhang & Jin, 2020)
Heuristic Algorithm	(Hosny, 2013)
Hill Climbing	(Al-Negheimish et al., 2018)
Knowledge based system	(Partovi & Arinze, 1995)
Tabu search	(Aidy Gunawan & Ng, 2011)

Tabela 13 – Métodos e técnicas

Na tabela 14, temos um quadro com a identificação do pacote de software ou linguagem de programação usado na aplicação das técnicas de resolução.

Soft. ou Ling. Prog.	**Artigos**
Lingo Software	(Szwarc et al., 2020); (Bhoi & Dhodiya, 2021); (Mat Saleh et al., 2020); (Yang & Pineno, 1989); (McClure & Wells, 1987)ßß
CPLEX Solver	(Domenech & Lusa, 2016); (Cechlárová, Fleiner, et al., 2015); (Al-Yakoob & Sherali, 2013); (Al-Yakoob & Sherali, 2006); (Hultberg & Cardoso, 1997)

Soft. ou Ling. Prog.	Artigos
GAMS Solver	(Ongy, 2017)
CPLEX Solver + GAMS Solver	(L. A. Zaozerskaya et al., 2018); (Hamdi, 2014); (Hosny, 2013)
C++	(DavidWilson et al., 2013); (Aldy Gunawan et al., 2007)
Java Cream Solver	(Hmer & Mouhoub, 2010)
Prolog	(Partovi & Arinze, 1995)

Tabela 14 – Pacote Software ou Linguagem de Programação

7. Conclusões

Neste artigo apresentamos uma revisão estruturada através da metodologia de análise bibliográfica, sobre as publicações científicas relacionadas com o "*Teacher Assignment Problem*" (TAP), publicadas desde que há regist, o de 1976 até 2021, nas seguintes bases dados: Scopus, Web of Science, ScienceDirect, IEEE Xplore Digital, ACM Library e Google Scholar. Começamos por identificar 168 artigos, que, depois de retirar os duplicados e aplicar os critérios de exclusão, ficaram para análise 34 artigos. Apesar de efetuarmos a pesquisa em 6 bases de dados, depois de retirados os duplicados, dando prioridade aos artigos da Scopus e aplicação dos critérios de exclusão, apenas usamos os artigos da Scopus (22 artigos) e da Google Scholar (12 artigos).

Apesar do período em análise, de 1976 a 2021, compreender 45 anos, apenas em 22 anos existiram publicações de artigos. O primeiro artigo foi publicado em 1976, e, apenas 11 anos mais tarde, em 1987, existem publicações, depois em 1989, e, depois passados 6 anos, em 1995 e 1997, voltando a ter um interregno de 5 anos, para ter novamente artigos em 2002. A partir do ano de 2002, a temática tem merecido a atenção da comunidade científica, registando-se 5 artigos publicados no ano de 2013 e 2020. Salientamos que do ano de 2002 a 2021, existem publicações em todos os anos, com exceção dos anos de 2003, 2005 e 2012. Podemos ainda observar que a quantidade máxima de publicação de artigos foi de 5 por ano, nos seguintes anos: 2013 e 2020, 3 artigos: 2018, 2 artigos: 1987 e 2015, em todos os outros anos, apenas 1 artigo. Esta temática, dentro da gestão universitária, tem sido a que tem merecido menos atenção, por parte da investigação.

Contudo, por um lado, conseguimos obter uma visão geral do cenário científico da evolução das publicações científicas relacionadas com o TAP a nível mundial, e por outro lado, verificamos que ainda existe margem para contribuição nesta área.

Referências

Al-Negheimish, S., Alnuhait, F., Albrahim, H., Al-Mogherah, S., Alrajhi, M., & Hosny, M. (2018). An Intelligent Bio-Inspired Algorithm for the Faculty Scheduling Problem. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 9(5). https://doi.org/10.14569/IJACSA.2018.090519

Al-Yakoob, S. M., & Sherali, H. D. (2006). Mathematical programming models and algorithms for a class-faculty assignment problem. European Journal of Operational Research, 173(2), 488–507. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.01.052

Al-Yakoob, S. M., & Sherali, H. D. (2013). A column generation mathematical programming approach for a class-faculty assignment problem with preferences. Computational Management Science, 12(2), 297–318. https://doi.org/10.1007/s10287-013-0163-9

Bhoi, S. B., & Dhodiya, J. M. (2021). Multi-Objective Faculty Course Assignment Problem with Result and Feedback Based Uncertain Preferences. International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences, 6(4), 1055–1075. https://doi.org/10.33889/IJMEMS.2021.6.4.062

Breslaw, J. A. (1976). A linear programming solution to the faculty assignment problem. Socio-Economic Planning Sciences. https://doi.org/10.1016/0038-0121(76)90008-2

Cechlárová, K., Eirinakis, P., Fleiner, T., Magos, D., Mourtos, I., & Ocel'áková, E. (2015). Approximation algorithms for the teachers assignment problem. Proceedings of the 13th International Symposium on Operational Research, SOR 2015, (5), 479–484.

Cechlárová, K., Fleiner, T., Manlove, D. F., McBride, I., & Potpinková, E. (2015). Modelling practical placement of trainee teachers to schools. Central European Journal of Operations Research, 23(3), 547–562. https://doi.org/10.1007/s10100-014-0356-5

Chin W. Yang, & Kim, P. Y. (2015). A Simulation of the Faculty-Assignment Problem: An Integer Programming Approach. 232–235.

Cutillas, P. S., Pérez-Perales, D., & Díaz, M. M. E. A. (2021). A mathematical programming tool for an efficient decision-making on teaching assignment under non-regular time schedules. In Operational Research. https://doi.org/10.1007/s12351-021-00638-1

DavidWilson, I., Davies, R., & Stanton, N. (2013). A Genetic Algorithm based Solution to the Teaching Assignment Problem. International Journal of Computer Applications, 81(19), 1–6. https://doi.org/10.5120/14268-0056

Domenech, B., & Lusa, A. (2016). A MILP model for the teacher assignment problem considering teachers' preferences. European Journal of Operational Research, 249(3), 1153–1160. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.08.057

Ebtehal TurkiAlotaibi, EntesarAyedAlonizi, Fatima Mohammed Jeddoh, M., & ShahadSaleh Algefari, Abdullah Asheddy, H. K. (2014). Solving Teacher Assignment problem by Asynchronous Cooperative Parallel Genetic Algorithm. International Journal of Information Technology & Computer Science, 15(1), 48–69.

Fahimnia, B., Sarkis, J., & Davarzani, H. (2015). Green supply chain management: A review and bibliometric analysis. International Journal of Production Economics, 162, 101–114. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.01.003

Gunawan, Aidy, & Ng, K. M. (2011). Solving the teacher assignment problem by two metaheuristics. International Journal of Information and Management Sciences, 22(1), 73–86. https://doi.org/10.6186/IJIMS.2011.22.1.5

Gunawan, Aldy, Ng, K. M., & Ong, H. L. (2008). A genetic algorithm for the teacher assignment problem for a University in Indonesia. International Journal of Information and Management Sciences.

Gunawan, Aldy, Ng, K. M., & Poh, K. L. (2007). Solving the Teacher Assignment-Course Scheduling Problem by a Hybrid Algorithm. International Journal of Computer, Information, and System Science, and Engineering, 1(2), 136–141.

Hamdi, K. (2014). A mathematical model and a GRASP metaheuristic for a faculty-course assignment problem for a University in Saudi Arabia. IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2015-Janua, 672–676. https://doi.org/10.1109/IEEM.2014.7058723

Hmer, A., & Mouhoub, M. (2010). Teaching Assignment Problem Solver. https://doi.org/10.1007/978-3-642-13025-0_32

Hosny, M. I. (2013). A Heuristic Algorithm for Solving the Faculty Assignment Problem. FECS'12. https://doi.org/10.1109/dac.1990.114882

Hultberg, T. H., & Cardoso, D. M. (1997). The teacher assignment problem: A special case of the fixed charge transportation problem. European Journal of Operational Research. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(96)00082-3

Kessler, M. M. (1963). Bibliographic Coupling Between Scientific Papers' Received. Journal Assoc. Inf. Sci. Technol., 14(1), 10–25.

Kingston, J. H. (2013). Educational timetabling. Studies in Computational Intelligence, 505, 91–108. https://doi.org/10.1007/978-3-642-39304-4_4

Mat Saleh, S. S. binti, Awang Ali, N., & Jamian, N. H. (2020). The Department Team Teaching Assignment Problem Using Zero-One Integer Programming. Journal of Computing Research and Innovation, 5(1), 1–6. https://doi.org/10.24191/jcrinn.v5i1.156

McClure, R. H., & Wells, C. E. (1987). Modeling multiple criteria in the faculty assignment problem. Socio-Economic Planning Sciences, 21(6), 389–394. https://doi.org/10.1016/0038-0121(87)90013-9

Moreira, J. J., & Reis, L. P. (2009a). Distribuição de serviço docente como formação de coligações. Actas Da 4a Conferencia Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao, CISTI 2009.

Moreira, J. J., & Reis, L. P. (2009b). Teaching service distribution as coalition formation. Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação (CISTI).

Moreira, J. J., & Reis, L. P. (2013). Multi-Agent System for Teaching Service Distribution with Coalition Formation - Advances in Information Systems and Technologies (Á. Rocha, A. M. Correia, T. Wilson, & K. A. Stroetmann, eds.). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Ongy, E. E. (2017). Optimizing Student Learning: A Faculty-Course Assignment Problem Using Linear Programming. Journal of Science, Engineering and Technology, 5, 1–14.

Parthiban, P., Ganesh, K., Narayanan, S., & Dhanalakshmi, R. (2004). Preferences based decision-making model (PDM) for faculty course assignment problem. IEEE International Engineering Management Conference, 3, 1338–1341. https://doi.org/10.1109/iemc.2004.1408912

Partovi, F. Y., & Arinze, B. (1995). A knowledge based approach to the faculty-course assignment problem. Socio-Economic Planning Sciences, 29(3), 245–256. https://doi.org/10.1016/0038-0121(95)98171-Q

Reis, L. P., & Oliveira, E. (2001). A language for specifying complete timetabling problems. Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 2079 LNCS(May 2014), 322–341. https://doi.org/10.1007/3-540-44629-x_20

Schaerf, A. (1999). Survey of automated timetabling. Artificial Intelligence Review, 13(2), 87–127. https://doi.org/10.1023/A:1006576209967

Small, H. (1973). Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. Journal of the American Society for Information Science, 24(4), 265–269. https://doi.org/10.1002/asi.4630240406

Szwarc, E., Bach-Dąbrowska, I., & Bocewicz, G. (2018). Competence Management in Teacher Assignment Planning. Communications in Computer and Information Science, 920, 449–460. https://doi.org/10.1007/978-3-319-99972-2_37

Szwarc, E., Wikarek, J., Gola, A., Bocewicz, G., & Banaszak, Z. (2020). Interactive planning of competency-driven university teaching staff allocation. Applied Sciences (Switzerland), 10(14). https://doi.org/10.3390/app10144894

T.S., N., Bu., N., & Jafreezal, J. (2020). Decision Support Tool for Multi-Objectives Teaching Assignment Problem. Computer Science, Business.

Wang, Y. Z. (2002). An application of genetic algorithm methods for teacher assignment problems. Expert Systems with Applications. https://doi.org/10.1016/S0957-4174(02)00017-9

Yang, C. W., & Pineno, C. J. (1989). An improved approach to solution of the faculty assignment problem. Socio-Economic Planning Sciences, 23(3), 169–177. https://doi.org/10.1016/0038-0121(89)90014-1

Zaozerskaya, L. (2019). Analysis of Integer Programming Model of Academic Load Distribution. Communications in Computer and Information Science, 1090 CCIS(0314), 266–279. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33394-2_21

Zaozerskaya, L. A., Plankova, V. A., & Devyaterikova, M. V. (2018). Modeling and solving academic load distribution problem. CEUR Workshop Proceedings, 2098, 438–445.

Zhang, Y., & Jin, Z. (2020). Group teaching optimization algorithm: A novel metaheuristic method for solving global optimization problems. Expert Systems with Applications, 148, 113246. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113246

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

Recebido/Submission: 17/10/2022
Aceitação/Acceptance: 14/12/2022

Técnicas y algoritmos para predecir el resultado de los partidos de fútbol utilizando la minería de datos, una revisión de la literatura

Antonio Araujo-Ahon[1], Brayan Cardenas-Mayta[2], Orlando Iparraguirre-Villanueva[3], Joselyn Zapata-Paulini[4], Michael Cabanillas-Carbonell[5]

aaraujoa@autonoma.edu.pe; bcardenas@autonoma.edu.pe; oiparraguirre@ieee.org; 70994337@continental.edu.pe; mcabanillas@ieee.org

[1,2,3] Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Autónoma del Perú, 15842, Lima, Peru.

[4] Escuela de Posgrado, Universidad Continental, 15301, Lima, Peru.

[5] Facultad de Ingeniería, Universidad Privada del Norte, 15306, Lima, Peru

Pages: 245-263

Resumen: El resultado de un deporte se ha convertido en una necesidad para los competidores, así como para los fanáticos que siguen a sus equipos favoritos. Sin embargo, la predicción de los resultados de un partido de fútbol (PSMR) es muy variada debido a los diversos modelos existentes. La investigación es una revisión sistemática de la literatura (SLR) basada en manuscritos publicados en IEEE Xplore, Scopus, Science Direct y Springer. Se utilizó la metodología Prisma para el análisis y sistematización. El objetivo de esta investigación es ofrecer una guía para haciendo uso de técnicas de machine learning (ML). Los resultados mostraron que las técnicas de ML más utilizadas son el aprendizaje supervisado (SL) y el aprendizaje no supervisado (UL) y el algoritmo de ML más frecuente para predecir el resultado de un partido de fútbol es Random Forest (RF), teniendo en cuenta su gran contribución en la precisión de la predicción. Además, tras el estudio se propone un modelo novedoso y eficiente para predecir el resultado de los partidos de fútbol, apoyado con Data Mining (DM) y centrado en ML.

Palabras-clave: Fútbol, algoritmo, aprendizaje automático, predicciones.

Techniques and algorithms to predict the outcome of soccer matches using data mining, a review of the literature

Abstract: The outcome of a sport has become a necessity for competitors as well as for fans following their favorite teams. However, the prediction of the outcome of a soccer match (PSMR) is very varied due to the various existing models. The research is a systematic literature review (SLR) based on manuscripts published in IEEE Xplore, Scopus, Science Direct, and Springer. Prisma methodology was used for analysis and systematization. The objective of this research is to provide a guide for using machine learning (ML) techniques. The results showed that the most frequently used ML techniques are supervised learning (SL) and unsupervised

learning (UL) and the most frequent ML algorithm for predicting the outcome of a soccer match is Random Forest (RF), considering its great contribution in prediction accuracy. In addition, a novel and efficient model for predicting the outcome of soccer matches, supported with Data Mining (DM) and focused on ML, is proposed after the study.

Keywords: Soccer, algorithm, machine learning, predictions.

1. Introducción

Con el paso del tiempo, el deporte ha formado parte de nuestro día a día, atrayendo a miles de espectadores que, como aficionados a diferentes equipos, siempre han estado interesados en conocer el resultado de cada partido de nuestros equipos favoritos. La tecnología en este deporte nos proporciona una visión amplia del fútbol, con el propósito de poder interpretar los datos, así como ampliar la información identificada en los partidos (Phatak et al., 2022).

En un partido de fútbol, muchas veces el equipo local es considerado como el equipo favorito, acostumbrado a su campo, clima y aficionados, demostrando ser factores relevantes, pero, no muchas veces, el territorio del equipo local es el factor principal, la estrategia, la velocidad, el regate, la potencia de tiro, el control del balón, etc. Se trata de datos que se consideran en el juego individual y en el juego colectivo, pertenecientes a las principales estadísticas que se consideran para el resultado de un partido. Todo esto afecta a un partido, y el equipo visitante puede demostrar ser superior al equipo local (Andrzejewski et al., 2022; Smithies et al., 2021; Talattinis et al., 2019).

Los algoritmos actuales son diversos y muy potentes, capaces de procesar y analizar grandes volúmenes de información. El desarrollo de algoritmos de ML permite analizar y medir el rendimiento de los atletas, no solo físicamente, sino también en atletas electrónicos, siendo la mentalidad un factor importante.(Beal et al., 2020; Muller et al., 2020). El uso de algoritmos tiene una base de pronóstico positiva, acertando el resultado en muchas ocasiones, utilizado por las casas de apuestas a nivel internacional, sin embargo, aún queda mucho camino por recorrer para crear un algoritmo con perfecta precisión en el resultado de los partidos de fútbol (Almulla & Alam, 2020; S. Zhang, 2016)

Sobre la base de lo que se ha descrito anteriormente, el objetivo de este artículo de revisión es analizar y aprender sobre las técnicas de ML y los algoritmos de ML para predecir el resultado de los partidos de fútbol. Proporcionar un resumen analítico basado en investigaciones internacionales en los últimos 4 años. Además de propone un modelo para predecir de manera mas eficiente el resultado de los partidos de fútbol, apoyado con Data Mining (DM) y centrado en ML, en base a las experiencias vividas en anteriores investigaciones.

El artículo está organizado de la siguiente manera. En la sección 2 se describen los principales trabajos relacionados. En la sección 3 se presenta la metodología. La Sección 4 describe y discute los resultados y la discusión. En la sección 5 se presenta el modelo propuesto. Por último, en la sección 6 se presentan las conclusiones.

2. Trabajos relacionados

Los autores, al proponer un modelo de ML centrado en la Premier League inglesa, analizando cinco temporadas desde 2014-2015 hasta 2018-2019, donde el objetivo de su investigación fue identificar las características que serían las más influyentes en los partidos con múltiples clases (local, empate, visitante) y clases binarias (local, visitante). Asimismo, en ellos seleccionaron solo 37 características relevantes e hicieron uso de ML donde trabajaron tres modelos de aprendizaje: Naive Bayes (NB). CHIRP e Hyper Pipes, tomando muestras desde el año 2016 hasta el año 2019, a las que analizaron dieciséis conjuntos, con el objetivo de demostrar cómo estos tres modelos pueden llegar a ser simples, precisos y eficientes en la predicción de los resultados de los partidos de bádminton (Raju et al., 2020; Sharma et al., 2021).

Por otro lado, al presentar un enfoque basado en conjuntos heterogéneos de clasificadores, entrenaron un modelo de ML al que se recogieron seis atributos condicionales y una decisión (match result), con el objetivo de demostrar si a diferencia de los clásicos conjuntos clasificadores con clasificadores heterogéneos mejoran la predicción de los resultados de fútbol en la Bun-league. Del mismo modo, en el que intentaron predecir por rangos de jugadores utilizando algoritmos de clasificación de ML, utilizaron el método de conjunto para combinar varios algoritmos en los que tenían como objetivo crear un conjunto de datos que los identificara cuáles son los problemas de los jugadores en función de sus habilidades y reconociera las nuevas promesas del fútbol iraní (Feng, 2017; Kozak & Głowania, 2021; Maanijou & Mirroshandel, 2019).

En ellos se centran en la Premier League inglesa (EPL) utilizando la técnica de redes neuronales profundas, comparando con algoritmos ML como support vector machine (SVM), NB y la RF cuyo objetivo principal era proponer su clasificador de perceptrones multicapa (MLP) con un conjunto de funciones utilizando el método de retención cuya finalidad es dividir los conjuntos, y poder entrenarlos para analizar el rendimiento en los resultados de los partidos (Rudrapal et al., 2020). Asimismo, en la que proponen un modelo ML para clasificar los diferentes manuscritos deportivos haciendo uso del algoritmo que propusieron Modificado Cortical (CA), buscaron ver si su algoritmo entrenado podía extraer los datos objetivos y subjetivos de los 1000 manuscritos deportivos seleccionados cuya finalidad de su objetivo principal era comparar su modelo con los modelos del algoritmo SVM y su variante LMSVM, para ver el grado de reducción en la validación de las características encontradas. Del mismo modo, en el que buscan comparar el rendimiento proporcionado por el perovskita en equipos de entrenamiento deportivo de jugadores utilizando predicciones con redes neuronales, dividiendo 126 conjuntos en 2 grupos entrenándolos y probándolos unas 199 veces, utilizaron el algoritmo genético y el algoritmo SVM centrándose en dos tipos de reconocimiento de patrones con el objetivo de ver qué algoritmos con sus métodos les daban los resultados con valores estándar a la predicción. Asimismo, en la que propusieron predecir partidas de ajedrez en las que construyeron un modelo con redes neuronales LSTM, para compararlo con otros métodos de clasificación como entrada de bits y entrada algebraica, buscaron seleccionar el método que debía ser entrenado por redes neuronales porque pretendían llegar a ser altamente precisos aplicando grandes enfoques de conjuntos de

datos con registros del año 2017 al 2018 (Drezewski & Wator, 2021; Hajj et al., 2019; L. Zhang & Li, 2022).

3. Metodología

En la presente investigación se utiliza la metodología PRISMA para buscar investigación internacional adecuada para nuestra investigación. También se realiza un análisis bibliométrico para tener una descripción detallada de los tipos de algoritmos que se utilizan para la predicción de resultados en los partidos de fútbol. Finalmente, se analizan los manuscritos para tener a nuestra disposición las técnicas utilizadas para la predicción de resultados de partidos de fútbol. Como resultado, se puede utilizar para informar futuras investigaciones y estudios en PSMR u otros deportes para lograr una predicción de mayor precisión porcentual del resultado del partido.

El estudio SLR Related Manuscripts presenta una evaluación de la investigación internacional sobre el tema de la predicción de resultados de partidos de fútbol utilizando una metodología precisa y comprobable basada en el enfoque PRISMA, que consta de cuatro pasos que se describen a continuación.

- Identificación de manuscritos relevantes para el tema.
- Exclusión de la selección de texto completo.
- Análisis de elegibilidad
- Inclusión de manuscritos finales para ser analizados en detalle

Además, se incluye un análisis a través de un mapa bibliométrico para encontrar relaciones entre palabras comunes en la investigación. Se evaluó el número de veces que se repiten las palabras, el número de palabras más frecuentes y la frecuencia de estas palabras en los artículos finales del estudio. Según PRISMA, esta sección está estructurada por: 1) preguntas de investigación, 2) estrategias de búsqueda, 3) criterios de inclusión y exclusión, y 4) selección final de manuscritos.

3.1. Preguntas de investigación

En esta sección se presentan las preguntas de investigación (RQ) del estudio con respecto a nuestro objetivo principal de investigación. Las preguntas de investigación propuestas se muestran en la Tabla 1, que son las siguientes:

RQ1	¿Qué tipos de técnicas de ML se utilizan más para predecir el resultado de los partidos de fútbol?
RQ2	¿Qué tipos de algoritmos de ML se utilizan más para predecir el resultado de los partidos de fútbol?
RQ3	¿Qué tipos de técnicas de minería de datos (DM) se utilizan más para predecir el resultado de los partidos de fútbol?

Tabla 1 – Preguntas de investigación

3.2. Estrategias de búsqueda

Se requirió un análisis cualitativo sistemático para categorizar los datos según diferentes temas de análisis. Los manuscritos de 2019 a 2022 se exploraron en cuatro bases de datos virtuales (Scopus, IEEE Xplore, Science Direct y Springer). Se consideró que los años de 2019 a 2022 tenían a nuestra disposición manuscritos relevantes centrados en algoritmos para predecir un resultado en los deportes y mejorar la predicción de los resultados de los partidos en el fútbol. La cadena de búsqueda y las combinaciones que se utilizaron fueron "Algorithm AND Predict AND Outcome OR Results AND Data AND Mining And Sports". Esto asegura que el algoritmo para predecir el resultado de los partidos de fútbol estará ampliamente cubierto por disciplinas de técnicas de ML, algoritmos de ML y técnicas de DM.

3.3. Criterios de inclusión y exclusión

Para el estudio SLR se aplicaron los siguientes criterios de inclusión y exclusión, como se muestra en la Tabla 2.

Criterios de inclusión
Manuscritos relacionados con ML
Manuscritos relacionados con algoritmos
Manuscritos relacionados con la predicción del rendimiento deportivo
Manuscritos relacionados con DM
En los últimos 4 años
Criterios de exclusión
Manuscritos no relacionados con el tema
Libros, Documentos cortos
Manuscritos duplicados
Manuscritos SLR

Tabla 2 – Criterios de inclusión y exclusión

El proceso de búsqueda y selección se muestra en la Figura 1. La búsqueda dio como resultado un total de 1225 manuscritos identificados a través de las bases de datos, de los cuales se identificaron 8 duplicados, luego se excluyeron un total de 1068 manuscritos según los criterios. Esto dio lugar a 149 manuscritos para su evaluación. Otros 98 manuscritos fueron eliminados en base a los siguientes criterios: se excluyeron aquellos que no estaban relacionados con el tema, no reportaron los resultados medidos, no tuvieron una lectura abierta y libre para el usuario, lo que nos dio un total de 51 manuscritos para revisión.

Los 51 manuscritos incluidos en la revisión de metaanálisis fueron del motor de búsqueda IEEE Xplore con 34 manuscritos, Springer con 8, Scopus con 7 y Science Direct con el menor número, con solo 2.

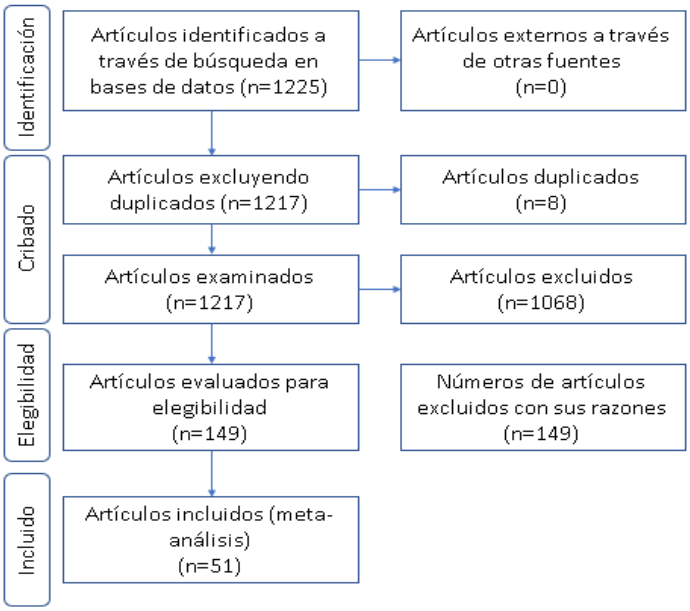


Figura 1 – Diagrama de prisma

Finalmente, estos 51 manuscritos se dividieron en categorías, estudios relacionados con las técnicas de ML para la previsión; estudios relacionados con algoritmos de ML y técnicas de DM para la predicción.

4. Resultados y discusión

Esta sección presenta el análisis bibliométrico y el análisis detallado de trabajos anteriores. La primera parte presenta las relaciones entre las palabras comunes relacionadas con los algoritmos para PSMR, utilizando DM y métricas. La segunda parte busca encontrar la brecha científica entre los trabajos analizados en este estudio para desarrollar un nuevo modelo para predecir con precisión los resultados de coincidencia a través de técnicas de ML.

4.1. Análisis bibliométrico

VOSviewer, una red de visualización bibliométrica, se utilizó para encontrar terminología común relacionada con PSMR utilizando DM y algoritmos en los 51 manuscritos analizados. Esta herramienta fue de gran ayuda, permitiendo la visualización de información gráfica, visualizando las asociaciones de términos clave asociados a PSMR. Además, ayudó a identificar técnicas, algoritmos de DM y predicciones de resultados de partidos de fútbol en grupos. La Figura 3 presenta el mapa de red que muestra las relaciones entre la terminología más utilizada y cómo se asocia. El nodo más grande representa la terminología más utilizada en los

manuscritos, y su tamaño representa el número de veces que estas palabras aparecen en los artículos analizados. El VOSviewer agrupa la terminología en grupos de acuerdo con su importancia entre sí (Munir et al., 2022).

El análisis se realizó con respecto al título y al resumen, utilizando un método de conteo numérico de 117 palabras clave examinadas con un umbral mínimo de 1 ocurrencia, resultando en 117 términos, como se muestra en la Figura 2. Los nodos más grandes que representan cada clúster en el mapa de red se determinan como: clúster de aprendizaje automático (amarillo), clúster DM (azul claro), clúster de análisis deportivo (verde), clúster de predicción (marrón), neuronal clúster de red (rojo) y clúster de aprendizaje profundo (lead).

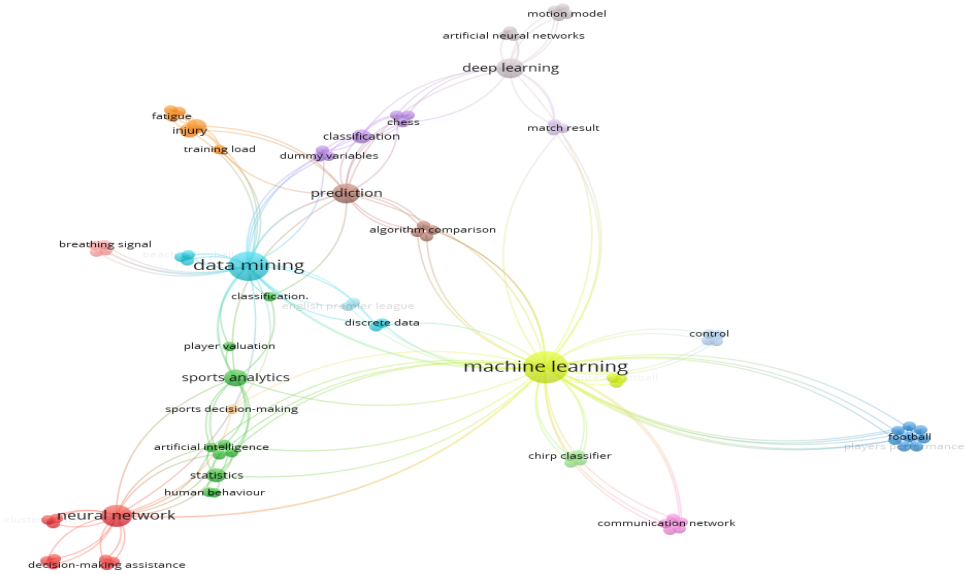


Figura 2 – Mapa bibliométrico con las relaciones de los términos más utilizados.

Mirando el mapa bibliométrico de la Figura 2, podemos cuantificar 16 cúmulos que están conectados entre sí; por ejemplo, los términos de “aprendizaje automático” se asocian con “fútbol” en el mismo clúster amarillo, también se asocian con el clúster “análisis deportivo”, inteligencia artificial” y “estadísticas” en el clúster verde, también está conectado con “predicciones” y “comparación de algoritmos” en el clúster marrón; por otro lado, también se asocia con “red neuronal” en el clúster rojo, se asocia con “aprendizaje profundo” en el clúster principal. Además, la “clasificación” en el clúster púrpura se asocia con la “minería de datos” en el clúster azul claro, también se asocia con “predicciones” en el clúster marrón y el “aprendizaje profundo” en el clúster principal, el “resultado de coincidencia” está conectado en el clúster amarillo. Finalmente, mediante el análisis del mapa de red en la Figura 2 fue posible identificar los términos más relevantes en cada uno de los clusters, como se muestra en la Figura 3.

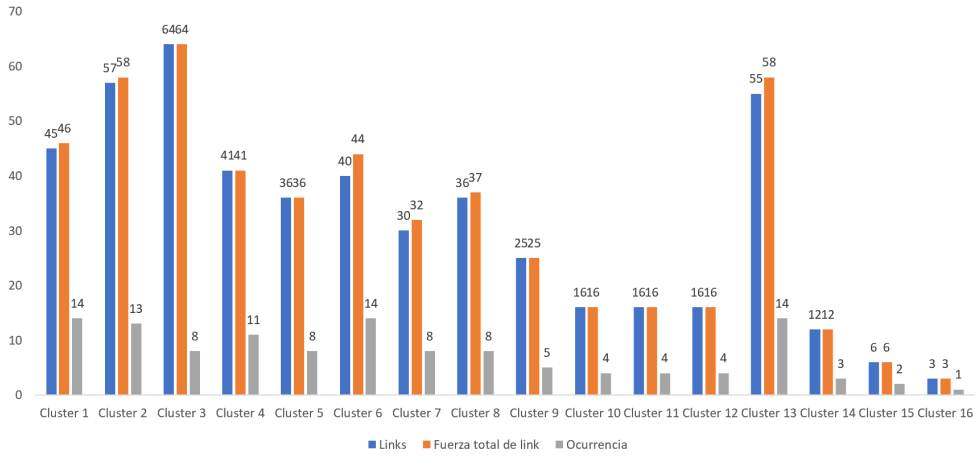


Figura 3 – Enlaces, fuerza total del enlace y ocurrencia.

Los principales hallazgos con respecto a las técnicas de ML se muestran en la Tabla 4. Además, la Figura 4 muestra los principales algoritmos de ML utilizados para predecir los resultados de los partidos de fútbol. Del mismo modo, en (Elmiligi & Saad, 2022; Fialho et al., 2019) concluido que técnicas como UL y SL son las más utilizadas para el procesamiento de datos en DM.

Uno de los mejores trabajos de ML se presentó en donde los autores proponen un modelo para predecir partidos de fútbol, para lo cual utilizaron algoritmos ML, SVM, Regresión Bayesiana y LR. Para probar los diferentes algoritmos, utilizaron la variable de resultado a tiempo completo (home win, draw, away win) en forma de un vector compuesto por 3 valores binarios ([1,0,0,0], [0,1,0], [0,0,1]), para verificar si su modelo puede alcanzar una buena precisión, realizaron pruebas con los algoritmos mencionados. En su lugar, propone hacer uso de técnicas de ML como SVM, LR, Classifier, NB, Decision Tree (DT) y AdaBoost, aplicando ingeniería de características, buscaron probar si las variables (goles del equipo local, goles recibidos y porcentaje de victorias) serían precisas en base a su modelo en análisis estadístico con datos entre las temporadas 2014-2015 y 2018-2019 (Elmiligi & Saad, 2022; Fialho et al., 2019).

Los factores que pueden cambiar el resultado de un juego son múltiples, por lo que existen muchos modelos que buscan predecir con precisión a través del análisis de las diversas características dentro de los datos. Por ejemplo, en los factores que afectan a un partido (el terreno de juego, el clima, el campo, el lugar, el equipo), se deben analizar en conjuntos de datos para procesarlos y extraer valores destacados para una predicción. Corroboraron con el uso de algoritmos de ML ya que la precisión NB aborda entre 81.63%, el SVM abordó 83.67%, con DT fue de 87.75%, el RF obtuvo 83.67% como también en el RL 95.92% de precisión concluyendo que es importante definir los factores de rendimiento. Por otro lado, al evaluar los factores (combinación, ligas, posición, categoría) proponiendo una medición de rendimiento presentando una puntuación máxima del 90%, se evaluaron diferentes métodos (filtro, BR, RF) donde destacaron las

técnicas clásicas de ML con un 75% como las más acertadas en una predicción de partido de fútbol (Barot et al., 2020; Nsolo et al., 2019).

4.1. Análisis de manuscritos

Para la búsqueda (4) se utilizaron bases de datos virtuales, se recuperaron un total de mil doscientos veinticinco (1225) documentos. La base de datos Science Direct tiene el mayor número de documentos recuperados, quinientos cincuenta y siete (557) en el año 2021, con el mayor número de manuscritos publicados, como se presenta en la Tabla 3.

No	Base de datos	Búsqueda inicial	Categorización por año de publicación				
			2022	2021	2020	2019	Resultado final
1	Ciencia Directa	557	-	1	-	1	2
2	IEEEXplore	423	7	13	7	7	34
3	Salmer	223	4	3	1	-	8
4	Scopus	22	-	3	-	4	7
Resumen		1225	11	20	8	12	51

Tabla 3 – Análisis de manuscritos relacionados con PSMR

En la revisión, se encontraron 8 duplicados en los 1225 documentos recuperados. Un total de 22 documentos fueron recuperados en Scopus, de los cuales 15 fueron descartados en base a los criterios de exclusión. En Science Direct, se recuperaron 557 documentos, aunque 555 se descartaron en función de los criterios de exclusión. El número total de documentos recuperados en Springer es de 223 y 215 fueron descartados. En IEEE Xplore, se recuperaron 423 documentos y se descartaron 339 en función de los criterios de exclusión.

RQ1 provocó la búsqueda de fuentes de datos y tipos de técnicas de ML para predecir el resultado de los partidos de fútbol. Nuestra revisión de manuscritos nos permitió extraer y analizar técnicas de ML como: SL y UL. La Tabla 4 muestra los manuscritos que utilizaron SL y UL como técnicas de ML para predecir el resultado de los partidos de fútbol. Se encontraron 9 manuscritos usando SL y el mismo número de manuscritos usando UL. Se ha observado que las dos técnicas de ML, mencionadas anteriormente, son las más utilizadas para predecir el resultado de los partidos de fútbol.

Técnicas de ML	Manuscritos
Sl	(Barot et al., 2020; Elmiligi & Saad, 2022; Hatharasinghe & Poravi, 2019; LeTu, 2022; Mahbub et al., 2021; Nsolo et al., 2019; H. Wang et al., 2021; W.-Y. Wang et al., 2021; Weeraddana & Premaratne, 2021)
Colmena	(Bafna & Saini, 2019; Fialho et al., 2019; Guan & Wang, 2022; Meddegoda et al., 2021; Theiner et al., 2022; Tyran & Chomatek, 2021; T. Wang, 2022; Yao, 2019; Y. Zhang et al., 2022)

Tabla 4 – Referencias manuscritas asociadas con técnicas de predicción de ML

Al abordar RQ2, examinamos los algoritmos aplicables a la predicción del resultado de los partidos de fútbol. Con este objetivo, se analizaron los manuscritos asociados al algoritmo RF, DT, BR, clasificación, NB, LR, entre otros, como se muestra en la Tabla 5 y Figura 5, con el algoritmo Random Forest se encontró en 5 manuscritos relacionados que se aplicaban a la predicción del resultado de los partidos de fútbol. Con algoritmo de clasificación y Naive Bayes, ambos con 3 manuscritos respectivamente para predecir el resultado de los partidos de fútbol. Para ello se encontró algoritmo árbol de decisión y regresión logística, 2 en ambos manuscritos relacionados con la predicción del resultado de los partidos de fútbol. Solo se encontró un artículo donde se aplicó el algoritmo de regresión lineal. Por último, los algoritmos que se encuentran en el apartado "otros" son métodos que no son muy comunes o son variaciones, mejoras a los algoritmos tradicionales, con el objetivo de obtener resultados mucho más eficientes.

Algoritmos de ML	**Cantidad**	**Artículos**
Ramdom Forest	5	(Barot et al., 2020; Kumar et al., 2021; Mahbub et al., 2021; Mundhe et al., 2021; Thenmozhi et al., 2019)
Tree Decision	2	(Hewko et al., 2019; Ur et al., 2019)
Lineal Regression	1	(Yao, 2019)
Classification	3	(Apostolou & Tjortjis, 2019; Balasundaram et al., 2020; Fujita et al., 2019)
Naive Bayes	3	(Kumar et al., 2021; Ur et al., 2019; Weeraddana & Premaratne, 2021)
Logistic Regression	2	(Barot et al., 2020; Elmiligi & Saad, 2022)
Others	11	(Azeman et al., 2021; Hatharasinghe & Poravi, 2019; LeTu, 2022; Nsolo et al., 2019; Pantzalis & Tjortjis, 2020; Shi et al., 2022; Victor et al., 2021; H. Wang et al., 2021; T. Wang, 2022; W.-Y. Wang et al., 2021; Yuan et al., 2021)

Tabla 5 – Estudios relacionados con Algoritmos de ML

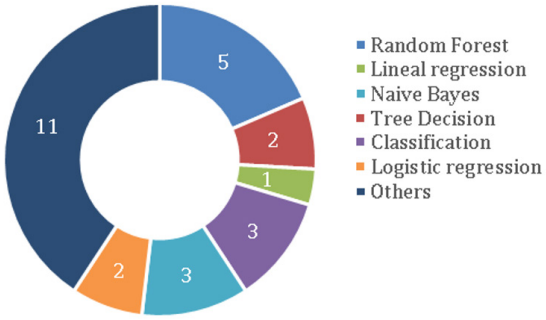


Figura 4 – Algoritmos ml para predecir el resultado de los partidos de fútbol.

El estudio también analizó las técnicas de DM para predecir el resultado de los partidos de fútbol en el ámbito de nuestro RQ3. Los resultados se muestran en la Tabla 6, donde podemos apreciar las técnicas de DM que se utilizaron para la extracción y procesamiento de datos para predecir el resultado de los partidos de fútbol. Con la técnica de clasificación se encontraron 14 manuscritos que utilizaron esta técnica en los manuscritos analizados; con las técnicas de agrupamiento, se encontraron 6 manuscritos, respectivamente. En el apartado de otros, encontramos técnicas que no son muy comunes o variaciones para el análisis de datos.

Técnicas de Mineria de Datos (DM)		**Cantidad**	**Artículos**
Clasificación		14	(Ahmadi et al., 2020; Apostolou & Tjortjis, 2019; Balasundaram et al., 2020; Can Yücebaş, 2022; Fialho et al., 2019; Fujita et al., 2019; Gu et al., 2021; Meddegoda et al., 2021; Pramanik et al., 2022; Song et al., 2019; Subbaraj et al., 2020; Tyran & Chomatek, 2021; Yao, 2019; Yin & Cui, 2021)
Agrupamiento		6	(Amarasena et al., 2019; Bafna & Saini, 2019; Ma, 2022; Rajesh et al., 2020; D. Wang, 2022; Y. Zhang et al., 2022)
Otros	*Modelo Estadístico*	1	(Chun et al., 2021)
	Modelo estadístico de Markow	1	(Song et al., 2019)

Tabla 6 – Estudios relacionados con las Técnicas de Minería de Datos (DM) para predecir el resultado de los partidos de fútbol.

5. Modo Propuesto

Después de haber analizado los manuscritos relacionados con la predicción de los resultados de los partidos de fútbol y de haber encontrado en la mayor parte de las investigaciones el uso de diferentes modelos para predecir el resultado de los partidos de fútbol, en esta sección, se propone un modelo novedoso y eficiente para predecir el resultado de los partidos de fútbol, apoyado con DM y centrado en ML. El modelo propuesto ha utilizado varias investigaciones de ciencia de datos, como es el caso en este trabajo, el modelo propuesto presenta 6 fases, que se presentan de la siguiente manera: 1) recolección de datos; 2) preprocesamiento de datos; 3) técnicas de evaluación; 4) construcción de modelos; 5) modelo de entrenamiento; 6) pruebas de modelos.

1. Recogida de datos: en esta primera fase se obtiene el conjunto de datos para iniciar el preprocesamiento.
2. Preprocesamiento de datos: el conjunto de datos está compuesto por varias entidades que identifican los atributos que no serán relevantes para el modo.
3. Técnica de evaluación: La técnica de evaluación para el conjunto de datos es donde debemos comparar y seleccionar el modelo en el ML. Para la comprensión y la aplicación, la técnica de validación cruzada K-Fold es una buena opción, ya que su conjunto de datos se divide en k parte al azar y cada modelo se entrena y prueba k veces, donde se determina tomando la media de las medidas de precisión.

$$CV = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} A_i$$

4. Construcción de modelos: Para lograr el análisis, se pueden utilizar hasta cuatro algoritmos de ML supervisados, rf, SVM, LR y NB. Para construir el modelo requerido.
5. Entrenamiento del modelo: El modelo se entrena con un corpus, donde se muestra el resultado debido al entrenamiento, buscando una mayor precisión y disminuyendo los márgenes de error para predecir el resultado de un partido de fútbol.
6. Pruebas de modelos: La exactitud de la predicción, la precisión y la tasa de error se verifican para comparar los algoritmos de ML.

La representación gráfica del modelo propuesto se muestra en la Figura 6 a continuación.

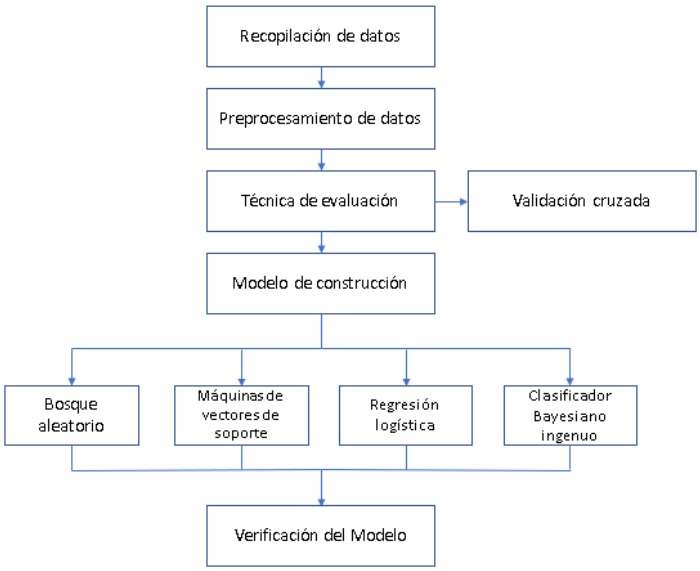


Figura 6 – Modelo propuesto

6. Conclusiones

En el presente trabajo, se seleccionaron 51 manuscritos de diversas fuentes de datos, países y años que fueron revisados y promovidos como referencias para predecir el resultado de los partidos de fútbol utilizando DM, técnicas y algoritmos de ML. Esta investigación encontró oportunidades para futuras investigaciones en la predicción del resultado de los partidos de fútbol basadas en la revisión y discusión de la investigación existente a través de sus problemas, metodologías y usos de datos abordados.

Respondiendo rq1. (¿Qué tipos de técnicas de ML son las más utilizadas para predecir el resultado de los partidos de fútbol?), podemos afirmar que las técnicas de ML más utilizadas para predecir el resultado de los partidos de fútbol son SL y UL, como se indica en la Tabla 4.

Respondiendo rq2. (¿Qué tipos de algoritmos de ML son los más utilizados para predecir el resultado de los partidos de fútbol?), podemos señalar que el algoritmo de RF es el que tiene un alto porcentaje de precisión, además de ser el más utilizado en diferentes investigaciones, como se muestra en la Tabla 5 y Figura 4.

Respondiendo rq3. (¿Qué tipos de técnica de DM son los más utilizados para predecir el resultado de los partidos de fútbol?), podemos asegurar que la técnica de DM más utilizada para la extracción y procesamiento de datos es la técnica de clasificación, ampliamente utilizada en las diversas investigaciones, como se muestra en la Tabla 6. Finalmente, los resultados de este estudio ayudarán a los investigadores a predecir los resultados del fútbol o el deporte. El uso de técnicas y algoritmos de ML ayudará a muchas personas en la predicción para obtener el resultado de los partidos. El estudio propone algunas referencias para futuras investigaciones basadas en manuscritos revisados sobre técnicas y algoritmos de ML, técnicas de DM. Las oportunidades para un mayor estudio de investigación se pueden realizar con un mayor uso de datos, especialmente para un sistema para predecir el resultado de los partidos de fútbol y proponer acciones recomendadas para poder predecir el resultado de los partidos.

Referencias

Ahmadi, A. H., Noori, A., & Teimourpour, B. (2020). Social Network Analysis of Passes and Communication Graph in Football by mining Frequent Subgraphs. *2020 6th International Conference on Web Research (ICWR)*, 1–7. https://doi.org/10.1109/ICWR49608.2020.9122303

Almulla, J., & Alam, T. (2020). Machine Learning Models Reveal Key Performance Metrics of Football Players to Win Matches in Qatar Stars League. *IEEE Access*, *8*, 213695–213705. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3038601

Amarasena, P. T., Kumara, B. T. G. S., & Jointion, S. (2019). Data Mining Approach for Identifying Suitable Sport for Beginners. *2019 International Research Conference on Smart Computing and Systems Engineering (SCSE)*, 57–62. https://doi.org/10.23919/SCSE.2019.8842785

Andrzejewski, M., Oliva-Lozano, J. M., Chmura, P., Chmura, J., Czarniecki, S., Kowalczuk, E., Rokita, A., Muyor, J. M., & Konefał, M. (2022). Analysis of team success based on match technical and running performance in a professional soccer league. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, *14*(1), 82. https://doi.org/10.1186/S13102-022-00473-7

Apostolou, K., & Tjortjis, C. (2019). Sports Analytics algorithms for performance prediction. *2019 10th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA)*, 1–4. https://doi.org/10.1109/IISA.2019.8900754

Azeman, A. A., Mustapha, A., Razali, N., Nanthaamomphong, A., & Abd Wahab, M. H. (2021). Prediction of Football Matches Results: Decision Forest against Neural Networks. *2021 18th International Conference on Electrical Engineering/ Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, 1032–1035. https://doi.org/10.1109/ECTI-CON51831.2021.9454789

Bafna, P. B., & Saini, J. R. (2019). Identification of Significant Challenges in the Sports Domain using Clustering and Feature Selection Techniques. *2019 9th International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology - Signal and Information Processing (ICETET-SIP-19)*, 1–5. https://doi.org/10.1109/ICETET-SIP-1946815.2019.9092011

Balasundaram, A., Ashokkumar, S., Jayashree, D., & Magesh Kumar, S. (2020). Data mining based Classification of Players in Game of Cricket. *2020 International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC)*, 271–275. https://doi.org/10.1109/ICOSEC49089.2020.9215413

Barot, H., Kothari, A., Bide, P., Ahir, B., & Kankaria, R. (2020). Analysis and Prediction for the Indian Premier League. *2020 International Conference for Emerging Technology (INCET)*, 1–7. https://doi.org/10.1109/INCET49848.2020.9153972

Beal, R., Norman, T. J., & Ramchurn, S. D. (2020). Optimising Daily Fantasy Sports Teams with Artificial Intelligence. *International Journal of Computer Science in Sport*, *19*(2), 21–35. https://doi.org/10.2478/ijcss-2020-0008

Can Yücebaş, S. (2022). A deep learning analysis for the effect of individual player performances on match results. *Neural Computing and Applications*, *34*, 12967–12984. https://link.springer.com/article/10.1007/s00521-022-07178-5

Chun, S., Son, C.-H., & Choo, H. (2021). Inter-dependent LSTM: Baseball Game Prediction with Starting and Finishing Lineups. *2021 15th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (IMCOM)*, 1–4. https://doi.org/10.1109/IMCOM51814.2021.9377370

Drezewski, R., & Wator, G. (2021). Chess as sequential data in a chess match outcome prediction using deep learning with various chessboard representations. *Procedia ComputerScience*,*192*,1760–1769.https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2021.08.180/CHESS_AS_SEQUENTIAL_DATA_IN_A_CHESS_MATCH_OUTCOME_PREDICTION_USING_DEEP_LEARNING_WITH_VARIOUS_CHESSBOARD_REPRESENTATIONS.PDF

Elmiligi, H., & Saad, S. (2022). Predicting the Outcome of Soccer Matches Using Machine Learning and Statistical Analysis. *2022 IEEE 12th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)*, 1–8. https://doi.org/10.1109/CCWC54503.2022.9720896

Feng, S. (2017). The Application of the Improved Chaos Algorithm in the Sports Performance Prediction. *Proceedings of the 2017 International Conference on Sports, Arts, Education and Management Engineering (SAEME 2017)*. https://doi.org/10.2991/saeme-17.2017.117

Fialho, G., Manhães, A., & Teixeira, J. P. (2019). Predicting Sports Results with Artificial Intelligence – A Proposal Framework for Soccer Games. *Procedia Computer Science*, *164*, 131–136. https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.12.164

Fujita, K., Hori, A., Maki, S., Isono, M., Sugahara, T., & Kato, C. (2019). A Study on Attractive Elements Characteristic of Paralympic Sports. *2019 8th International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI)*, 985–988. https://doi.org/10.1109/IIAI-AAI.2019.00197

Gu, Y., Zhou, W., Yuan, Z., & Xu, W. (2021). Intelligent analysis framework of sports training intensity based on breathing signal detection algorithm. *2021 5th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*, 1279–1283. https://doi.org/10.1109/ICECA52323.2021.9675940

Guan, S., & Wang, X. (2022). Optimization analysis of football match prediction model based on neural network. *Neural Computing and Applications*, *34*(4), 2525–2541. https://doi.org/10.1007/s00521-021-05930-x

Hajj, N., Rizk, Y., & Awad, M. (2019). A subjectivity classification framework for sports articles using improved cortical algorithms. *Neural Computing and Applications*, *31*(11), 8069–8085. https://doi.org/10.1007/S00521-018-3549-3

Hatharasinghe, M. M., & Poravi, G. (2019). Data Mining and Machine Learning in Cricket Match Outcome Prediction: Missing Links. *2019 IEEE 5th International Conference for Convergence in Technology (I2CT)*, 1–4. https://doi.org/10.1109/I2CT45611.2019.9033698

Hewko, J., Sullivan, R., Reige, S., & El-Hajj, M. (2019). Data Mining in The NBA: An Applied Approach. *2019 IEEE 10th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)*, 426–432. https://doi.org/10.1109/UEMCON47517.2019.8993074

Kozak, J., & Głowania, S. (2021). Heterogeneous ensembles of classifiers in predicting Bundesliga football results. *Procedia Computer Science*, *192*, 1573–1582. https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2021.08.161

Kumar, Y., Sharma, H., & Pal, R. (2021). Popularity Measuring and Prediction Mining of IPL Team Using Machine Learning. *2021 9th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions) (ICRITO)*, 1–5. https://doi.org/10.1109/ICRITO51393.2021.9596405

LeTu, G. R. (2022). A Machine Learning Framework for Predicting Sports Results Based on Multi-Frame Mining. *2022 4th International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT)*, 810–813. https://doi.org/10.1109/ICSSIT53264.2022.9716296

Ma, H. (2022). Complex Software Ecology and AI Fusion Multi-Sensing Data Mining and Cluster Analysis of Online Sports Courses for College Students. *2022 6th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)*, 1735–1738. https://doi.org/10.1109/ICOEI53556.2022.9776926

Maanijou, R., & Mirroshandel, S. A. (2019). Introducing an expert system for prediction of soccer player ranking using ensemble learning. *Neural Computing and Applications*, *31*(12), 9157–9174. https://doi.org/10.1007/S00521-019-04036-9

Mahbub, Md. K., Miah, Md. A. M., Islam, S. Md. S., Sorna, S., Hossain, S., & Biswas, M. (2021). Best Eleven Forecast for Bangladesh Cricket Team with Machine Learning Techniques. *2021 5th International Conference on Electrical Engineering and Information Communication Technology (ICEEICT)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/ICEEICT53905.2021.9667862

Meddegoda, A., Kumara, B. T. G. S., & Kuhaneswaran, B. (2021). Neural Network Based Approach for Identifying Suitable Sport for Beginners. *2021 International Conference on Data Analytics for Business and Industry (ICDABI)*, 409–412. https://doi.org/10.1109/ICDABI53623.2021.9655882

Muller, S., Ghawi, R., & Pfeffer, J. (2020). Using Communication Networks to Predict Team Performance in Massively Multiplayer Online Games. *Proceedings of the 2020 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining, ASONAM 2020*, 353–360. https://doi.org/10.1109/ASONAM49781.2020.9381481

Mundhe, E., Jain, I., & Shah, S. (2021). Live Cricket Score Prediction Web Application using Machine Learning. *2021 International Conference on Smart Generation Computing, Communication and Networking (SMART GENCON)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/SMARTGENCON51891.2021.9645855

Munir, F., Yani, Y. M., Nizmi, Y. E., & Suyastri, C. (2022). State of The Art Para-Diplomacy: A Systematic Mapping Studies and a Bibliometric Analysis VOS Viewer in Scopus Database. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, *11*(2), 129–141. https://doi.org/10.36941/AJIS-2022-0040

Nsolo, E., Lambrix, P., & Carlsson, N. (2019). Player valuation in European football. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *11330 LNAI*, 42–54. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17274-9_4

Pantzalis, V. C., & Tjortjis, C. (2020). Sports Analytics for Football League Table and Player Performance Prediction. *2020 11th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA*, 1–8. https://doi.org/10.1109/IISA50023.2020.9284352

Phatak, A. A., Mehta, S., Wieland, F. G., Jamil, M., Connor, M., Bassek, M., & Memmert, D. (2022). Context is key: normalization as a novel approach to sport specific preprocessing of KPI's for match analysis in soccer. *Scientific Reports*, *12*(1). https://doi.org/10.1038/S41598-022-05089-Y

Pramanik, Md. A., Hasan Suzan, Md. M., Biswas, A. A., Rahman, M. Z., & Kalaiarasi, A. (2022). Performance Analysis of Classification Algorithms for Outcome Prediction of T20 Cricket Tournament Matches. *2022 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI)*, 01–07. https://doi.org/10.1109/ICCCI54379.2022.9740867

Rajesh, P., Bharadwaj, Alam, M., & Tahernezhadi, M. (2020). A Data Science Approach to Football Team Player Selection. *2020 IEEE International Conference on Electro Information Technology (EIT)*, 175–183. https://doi.org/10.1109/EIT48999.2020.9208331

Raju, M. A., Mia, M. S., Sayed, M. A., & Riaz Uddin, M. (2020). Predicting the Outcome of English Premier League Matches using Machine Learning. *2020 2nd International Conference on Sustainable Technologies for Industry 4.0, STI 2020*. https://doi.org/10.1109/STI50764.2020.9350327

Rudrapal, D., Boro, S., Srivastava, J., & Singh, S. (2020). *A Deep Learning Approach to Predict Football Match Result* (H. S. Behera, J. Nayak, B. Naik, & D. Pelusi, Eds.; Vol. 990, pp. 93–99). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8676-3_9

Sharma, M., Monika, Kumar, N., & Kumar, P. (2021). Badminton match outcome prediction model using Naïve Bayes and Feature Weighting technique. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, *12*(8), 8441–8455. https://doi.org/10.1007/S12652-020-02578-8

Shi, F., Marchwica, P., Gamboa Higuera, J. C., Jamieson, M., Javan, M., & Siva, P. (2022). Self-Supervised Shape Alignment for Sports Field Registration. *2022 IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)*, 3768–3777. https://doi.org/10.1109/WACV51458.2022.00382

Smithies, T. D., Campbell, M. J., Ramsbottom, N., & Toth, A. J. (2021). A Random Forest approach to identify metrics that best predict match outcome and player ranking in the esport Rocket League. *Scientific Reports 2021 11:1*, *11*(1), 1–12. https://doi.org/10.1038/s41598-021-98879-9

Song, W., Xu, M., & Dolma, Y. (2019). Design and Implementation of Beach Sports Big Data Analysis System Based on Computer Technology. *Journal of Coastal Research*, *94*(sp1), 327. https://doi.org/10.2112/SI94-067.1

Subbaraj, S., Thiagarajan, R., & Rengaraj, M. (2020). Multi-objective league championship algorithm for real-time task scheduling. *Neural Computing and Applications Volume*, *32*, 5093–5104. https://link.springer.com/article/10.1007/s00521-018-3950-y

Talattinis, K., Kyriakides, G., Kapantai, E., & Stephanides, G. (2019). Forecasting Soccer Outcome Using Cost-Sensitive Models Oriented to Investment Opportunities. *International Journal of Computer Science in Sport*, *18*(1), 93–114. https://doi.org/10.2478/IJCSS-2019-0006

Theiner, J., Gritz, W., Muller-Budack, E., Rein, R., Memmert, D., & Ewerth, R. (2022). Extraction of Positional Player Data from Broadcast Soccer Videos. *2022 IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)*, 1463–1473. https://doi.org/10.1109/WACV51458.2022.00153

Thenmozhi, D., Mirunalini, P., Jaisakthi, S. M., Vasudevan, S., Veeramani Kannan, V., & Sagubar Sadiq, S. (2019). MoneyBall - Data Mining on Cricket Dataset. *2019 International Conference on Computational Intelligence in Data Science (ICCIDS)*, 1–5. https://doi.org/10.1109/ICCIDS.2019.8862065

Tyran, J., & Chomatek, L. (2021). Influence of outliers in MOBA games winner prediction. *Procedia Computer Science*, *192*, 1973–1981. https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.08.203

Ur, J., Craner, M., & El-Hajj, R. (2019). What Makes a National Football League Team Successful? an Analysis of Play by Play Data. *2019 IEEE 10th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)*, 419–425. https://doi.org/10.1109/UEMCON47517.2019.8993072

Victor, B., Nibali, A., He, Z., & Carey, D. L. (2021). Enhancing trajectory prediction using sparse outputs: application to team sports. *Neural Computing and Applications*, *33*(18), 11951–11962. https://doi.org/10.1007/S00521-021-05888-W

Wang, D. (2022). Clustering and Evolutionary System Analysis of Data Mining Algorithms in the Field of Football. *2022 IEEE Asia-Pacific Conference on Image Processing, Electronics and Computers (IPEC)*, 1341–1344. https://doi.org/10.1109/IPEC54454.2022.9777487

Wang, H., Dong, C., & Fu, Y. (2021). Optimization analysis of sport pattern driven by machine learning and multi-agent. *Neural Computing and Applications*, *33*(4), 1067–1077. https://doi.org/10.1007/S00521-020-05022-2

Wang, T. (2022). Sports training auxiliary decision support system based on neural network algorithm. *Neural Computing and Applications*. https://doi.org/10.1007/S00521-022-07137-0

Wang, W.-Y., Chan, T.-F., Yang, H.-K., Wang, C.-C., Fan, Y.-C., & Peng, W.-C. (2021). Exploring the Long Short-Term Dependencies to Infer Shot Influence in Badminton Matches. *2021 IEEE International Conference on Data Mining (ICDM)*, 1397–1402. https://doi.org/10.1109/ICDM51629.2021.00178

Weeraddana, N., & Premaratne, S. (2021). Unique approach for cricket match outcome prediction using Xgboost algorithms. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, *99*(9), 2162–2173.

Yao, A. (2019). Comparing Neural and Regression Models to Predict NBA Team Records. *IOS Press Ebooks*, *30*, 421–428. https://doi.org/10.3233/FAIA190206

Yin, Z., & Cui, W. (2021). Outlier data mining model for sports data analysis. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, *40*(2), 2733–2742. https://doi.org/10.3233/JIFS-189315

Yuan, C., Yang, Y., & Liu, Y. (2021). Sports decision-making model based on data mining and neural network. *Neural Computing and Applications*, *33*(9), 3911–3924. https://doi.org/10.1007/S00521-020-05445-X

Zhang, L., & Li, N. (2022). Material analysis and big data monitoring of sports training equipment based on machine learning algorithm. *Neural Computing and Applications*, *34*(4), 2749–2763. https://doi.org/10.1007/S00521-021-05852-8

Zhang, S. (2016). The prediction of the sport performance based on the IGSA. *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, *E11*(11), 313–321.

Zhang, Y., Hou, X., & Xu, S. (2022). Neural network in sports cluster analysis. *Neural Computing and Applications*, *34*, 3301–3309. https://link.springer.com/article/10.1007/s00521-020-05585-0

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

Recebido/Submission: 01/07/2022
Aceitação/Acceptance: 20/11/2022

Revisión Sistemática de Literatura de Imágenes Satelitales en Hidrología y Agricultura

Lourdes Luque-Ramos

lluquer@unjbg.edu.pe.

Universidad Jorge Basadre Grohmann, Av. Miraflores s/n, Código Postal 23000

Pages: 264-278

Resumen: Las imágenes provenientes de sensores a bordo de plataformas satelitales permiten tener conocimiento global de cualquier región de la superficie de la tierra, proporcionando rapidez y precisión en los estudios ambientales, siendo fuente de datos viable para aplicar en varias áreas. Este trabajo presenta un análisis de las imágenes satelitales usadas en hidrología y agricultura en el periodo 2006-2021. Se realizó un estudio sistemático, utilizando las publicaciones de los últimos 15 años en las bases de datos Scopus, Scielo, Science Direct y Scimago. Se seleccionaron 18 artículos, focalizados en el tema de investigación. Del análisis de resultados se concluyó que es evidente el importante papel que cumplen las imágenes satelitales al permitir monitorear y caracterizar con alta precisión aspectos relacionados con el diseño y planificación de siembras, ubicación de fuentes de aguas superficiales. Siendo más usadas imágenes de satélites LANDSAT ENVISAT, SPOT, QUICKBIRD, GRACE, MODIS, IKONOS, KOMPSAT, SENTYNE

Palabras-clave: Imágenes satelitales; Hidrología; teledetección; agricultura de precisión

Literature Systematic Review od Satellite Images in Hydrology and Agriculture

Abstract: Images from sensors onboard satellite platforms allow global knowledge of any region of the earth's surface, providing speed and precision in environmental studies, and being a viable data source to apply in various areas. This work presents an analysis of satellite images used in hydrology and agriculture in the period 2006-2021. A systematic study was carried out, using the publications of the last 15 years in the Scopus, Scielo, Science Direct, and Scimago databases. 18 articles were selected and focused on the research topic. From the analysis of results, it was concluded that the important role played by satellite images is evident in allowing high-precision monitoring and characterization of aspects related to the design and planning of planting, and location of surface water sources. Being more used satellite images LANDSAT ENVISAT, SPOT, QUICK BIRD, GRACE, MODIS, IKONOS, KOMPSAT, SENT

Keywords: satellite images; Hydrology; remote sensing; precise farming

1. Introducción

Las imágenes por satélites constituyen hoy en día herramientas tecnológicas para abordar una gran parte de los fenómenos medioambientales, generando mapas e indicadores que permiten a directivos, técnicos y especialistas de los sectores de la agricultura, hidrología y medio ambiente su utilización para establecer estrategias de reducción y mitigación de riesgos de desastres y políticas para el fortalecimiento de la sostenibilidad ambiental (C. Dámaso R. Ponvert-Delisles Batista, 2016). Se tienen diferentes tipos de resolución en cada imagen, pudiendo identificar objetos terrestres según lo requiera el estudio. La existencia de imágenes desde los inicios de los años setenta permite hacer un seguimiento multitemporal y analizar los cambios acaecidos en los últimos años. La gran absorción de energía electromagnética por parte del agua permite cartografiar con precisión los espacios acuáticos y conocer algunas de sus principales variables: profundidad, salinidad, presencia de vegetación hidro halófita, contaminación (Pérez González et al., 2006)

En Agricultura y en hidrología, generalmente no se pueden reproducir todos los procesos que ocurren en la naturaleza, ya que existen cantidad de variables y manejo de información. La agricultura de precisión reúne a un conjunto de tecnologías que permite el control y la gestión de los campos a distancia mediante el uso de sensores, así como de drones y satélites para la vigilancia desde el cielo. Por su parte, los modelos hidrológicos no pueden reproducir todos los procesos que ocurren en la naturaleza por procedimientos convencionales ya que existen gran cantidad de variables y manejo de información que presentan los mismos. Por lo que es necesario hacer simplificaciones y usar herramientas que permitan el manejo de bases de datos de manera espacial(Alvarado,20 04).

Existen satélites como los de la serie NOAA y TERRA que, en el marco de programas de monitoreo permanente de la superficie terrestre, como por ejemplo el programa EOS (Earth Observation System) de la NASA, suministran información permanente sobre cambios en la cobertura terrestre (Pérez, 2007) Son variados los satélites y sensores que a lo largo de las cuatro últimas décadas han ido facilitando información de la tierra, (Pérez Gonzales et al. , 2006). Siendo los sistemas de sensores más conocidos en nuestro medio: LANDSAT, SPOT, NOAA, IKONOS, ERS, RADARSAT, IRS. En la tabla 01 se resumen los diferentes satélites, destacando sus resoluciones y campos de aplicaciones.

Satélite	Tipo De Sensor	Resolución Espacial	Resolución Espectral	Resolución Temporal	Aplicación Principal
LANSDAT	Óptico	Media	Media	Media	Terrestre
SPOT	Óptico	Media	Media	Baja	Terrestre
ASTER	Óptico	Media	Media	Media	Terrestre
IRS	Óptico	Media	Media	Media	Terrestre
IKONOS	Óptico	Alta	Media	Alta	Terrestre
QUICK BIRD	Óptico	Alta	Media	Alta	Terrestre
ORBVIEW	Óptico	Alta	Media	Alta	Terrestre
NOAA	Óptico	Baja	Media	Alta	Terr. y Marina
MODIS	Óptico	Baja	Media	Alta	Terr. y Marina

Satélite	Tipo De Sensor	Resolución Espacial	Resolución Espectral	Resolución Temporal	Aplicación Principal
ENVISAT	Radar	Variable	Media	Alta	Terr. y Marina
ERS	Radar	Media	Media	Baja	Terr. y Marina
JERS	Radar	Media	Media	Baja	Terr. y Marina
RADARSAT	Radar	Media	Media	Alta	Terr. y Marina
NIMBUS	Óptico	Baja	Media	Alta	Marina
EXPLORER	Óptico	Baja	Baja	Media	Marina
SEASAT	Radar	Media	Baja	Baja	Marina

Tabla 1 – Satélites y características de cada uno de ellos.

Además de estos satélites, en la actualidad existen numerosos sensores hiperespectrales algunos a bordo de satélites (FTHSI, HYPERION) y la mayoría en aviones (AVIRIS, HYDICE, PROBE, EPS-H, DAIS, AISA, ARIES, PROBA, NEMO, PRISM, etc.), que operan con un gran número de canales en las longitudes de onda del visible e infrarrojo

Asimismo, se tiene en cuenta que la Teledetección es el arte y la ciencia de detectar y analizar las características y fenómenos de la superficie terrestre, con imágenes obtenidas mediante sensores terrestres, aéreos y satélites, utilizando técnicas visuales e interpretación asistida por ordenador. Según Nicholas (2003) la historia de la teledetección se remonta a 1859 donde se obtienen las primeras fotografías aéreas desde un globo cautivo. Los temas hidrológicos son variados también los satélites y sensores que a lo largo de las cuatro últimas décadas han ido facilitando información de la tierra. Una clase de datos satelitales proviene del instrumento avanzado de radiómetro de muy alta resolución (AVHRR), que produce datos a alta frecuencia temporal (pasadas de satélite dos veces al día), pero con una resolución espacial bastante aproximada (aproximadamente 1 × 1 km píxeles). Otra clase de datos satelitales proviene de la plataforma Landsat, que produce datos a una frecuencia temporal más baja (una vez cada 2 semanas), pero a una resolución espacial más alta (30 × 30 m) (M. J. M. Cheema & Bastiaanssen, 2010).. En la tabla 2, nos indica las principales aplicaciones de la teledetección a la hidrología,en la última década, aumentó la disponibilidad de imágenes espaciales que soportan la modelación hidrológica.

Continentales	Oceánicas
Cartografía hidrogeográfica	Cartografía batimétrica
Cartografía de humedales	Cartografía de arrecifes
Inundaciones	Erosión y degradación de costas
Sequías	Dinámica litoral
Desecación y salinización de humedales y lagos	Apoyo a la cartografía de cartas de navegación
Cambio en la morfología Fluvial	Análisis de transportes de sedimentos

Continentales	Oceánicas
Seguimiento de la calidad de las aguas	Temperatura del mar
Seguimiento de la contaminación Hídrica	Contaminación marina y costera
Explotación y vulnerabilidad de acuíferos	Indicadores de biomasa, estudio del fitoplancton
Evolución de glaciares	Dinámica de hielos
Evolución de hielos	Oleaje y corrientes marinas
Detección de aguas subterráneas	Bancos de Pesca

Tabla 2 – Aplicaciones de la teledetección a la hidrológicas

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, esta revisión sistemática de literatura se centró, en el sistema del uso de imágenes de distintos satélites en la hidrología y agricultura, en el periodo 2006 al 2021, se evaluó las experiencias que reportan del uso de imágenes satelitales para la hidrología y el desarrollo de la agricultura. Información que ayudará a plantear iniciativas para resolver distintos problemas ambientales, de las áreas de este estudio. Los resultados más relevantes de este trabajo constituyen la base para la decisión de uso de imágenes satelitales.

La estructura de este artículo es el siguiente: en la sección 2 se explica la metodología empleada para realizar la búsqueda bibliográfica y se describe como fue aplicada; en la sección 3 los resultados, en la sección 4 la discusión y finalmente sección 5 las conclusiones.

2. Metodología

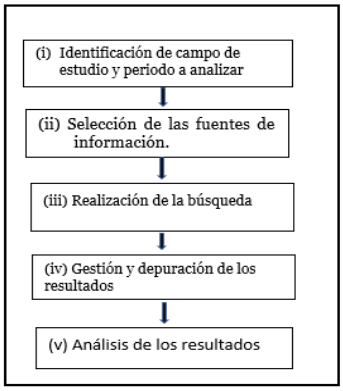


Figura 1 – Fases del proceso de revisión bibliográfica. Fuente Medina - López et al (2010).

Una revisión sistemáticas de literatura (RSL), tiene como objetivo identificar, evaluar y combinar la evidencia de estudios primarios usando un método riguroso, por lo que en este trabajo se usó la metodología propuesta por Medina - López et al (2010)consta de cinco fases: (i) Identificación del campo de estudio y del período a analizar; (ii) Selección de las fuentes de información; (iii) Realización de la búsqueda (qué, dónde y cómo); (iv) Gestión y depuración de los resultados de la búsqueda; (v) Análisis de los resultados. Las fases a desarrollar se representan en la fig. 1.

A continuación, se detalla cada una de las actividades realizadas en cada fase:

En (i), Identificación de campo de estudio y periodo a analizar, se definió, Imágenes Satelitales en Hidrología y Agricultura, como campo de estudio dentro del período 2006-2021.También se definen las siguientes preguntas de investigación que orientan el trabajo

PI1: ¿Cuál es la frecuencia temporal de estudios relacionados con el uso de imágenes satelitales en hidrología y en agricultura?

PI2: ¿Cuáles son las imágenes satelitales más adecuadas que se usan en hidrología?

PI3: ¿Cuáles son las imágenes satelitales más adecuadas que se usan en agricultura?

PI4: ¿Qué resultados se han obtenido con el uso de imágenes satelitales en hidrología y en agricultura?

ii) Selección de las fuentes de información, se incluyeron: artículos de revistas, repositorios digitales y bases de datos, y el buscador Google Académico. Por otra parte, en el presente estudio únicamente se buscó artículos, no se tuvo en cuenta ni trabajos en congresos ni tesis doctorales. Uno de los motivos para ello era consultar referencias de calidad contrastada por un proceso de “evaluación por pares”.

En (iii), Realización de la búsqueda, se realizaron búsquedas automáticas y manuales, para esto se establecieron los criterios de selección que nos permitieron filtrar las referencias de interés para el objetivo que se persiguió. Los criterios serían: que traten de imágenes satelitales y al mismo tiempo que se centre en uso en hidrología y en agricultura, o sus temas afines. Los temas afines que se consideran son integration off satellite, daily hydrological, hydrology and satellite images, agriculture and satellite images, teledetection. Se tomó en cuenta también criterios que harían que una referencia sea excluida de la selección, como ser:

CE1. Estudios que no sean artículos científicos

CE2. Estudios en donde no hay suficiente información para identificar imágenes satelitales relacionadas con hidrología y agricultura,

CE3. Estudios con escasa claridad o presentación explícita del uso de imágenes satelitales en hidrología y agricultura.

En (iv), gestión y depuración de los resultados de la búsqueda, teniendo en cuenta los criterios de búsqueda, a partir de la lectura de resumen y conclusiones, se clasificó el material en dos categorías: Factibles (publicaciones del tema bajo estudio) y Descartados (falso-positivos). La primera categoría incluyó las publicaciones sobre imágenes satelitales y su uso en procesos de hidrología y agricultura exclusivamente.

En (v), análisis de los resultados En esta etapa se realizó la lectura completa de los trabajos Factibles, para llevar a cabo el análisis se prestó especial atención a las referencias bibliográficas como fuente valiosa de trabajos relacionados.

3. Resultados

De todos los estudios encontrados que tienen relación con los criterios de búsqueda es que se tuvo en cuenta el año publicación se consideró entre 2006 y 2021, teniendo en cuenta los criterios de búsqueda y así lograr el objetivo de estudio y responder a las preguntas planteadas, es que se seleccionó 18 artículos ,de los que se analizó primero , la frecuencia temporal de estudios como se aprecia en la Tabla 3, que entre los años 2006 y 2009 existe menor frecuencia de publicación con 1 publicación y un 5.56 %, y en mayor frecuencia entre los años 20016 y 2018 con 8 publicaciones y un 38.89%.

Año	Frecuencia	Frecuencia (%)
2006-2009	1	5.56
2010-2012	2	11.11
2013-2015	3	16.67
2016-2018	8	38.89
2019-2021	4	27.78
TOTAL	18	100.00

Tabla 3 – Frecuencia de estudios por año de publicación

En lo que respecta a las imágenes de satélites, más adecuadas que se usaron en hidrología, primero se identificaron según los artículos seleccionados se destacaron los que eran del área de hidrología, resultado 9, además se determinó las imágenes de los satélites, más usados. cómo se puede apreciar en la tabla 4.

	Año	Título de la investigación	Área	Imagen Satelital
1	2006	Remote sensing applications in hydrology	Hidrología	LANDSAT, ENVISAT, SPOT
2	2013	Land cover mapping using aerial and VHR satellite images for distributed hydrological modeling of peri urban catchments: Application to the Yzeron catchment (Lyon, France)	Hidrología	QUICKBIRD, SPOT 5
3	2014	Use of satellite images to assess the effects of land cover change on direct runoff in an Andean basin	Hidrología	LANDSAT, ENVISAT, SPOT
4	2014	Global-scale assessment of groundwater depletion and related groundwater abstractions: Combining hydrological modeling with information from well observations and GRACE satellites	Hidrología	GRACE

	Año	Título de la investigación	Área	Imagen Satelital
5	2016	On the use of hydrological models and satellite data to study the water budget of river basins affected by human activities: examples from the Garonne basin of France	Hidrología	MODIS
6	2016	Assessing irrigated agriculture's surface water and groundwater consumption by combining satellite remote sensing and hydrologic modeling.	Hidrología	ALTA RES ESPACIAL Y TEMPORAL
7	2019	Balance Sheet Modeling Water from data satellite and meteorological for flow analysis surface of the cycle hydrological	Hidrología	LANDSAT 5 y LANDSAT 8
8	2021	Review of the availability and applicability of open access satellite information for the management of hydrological variables	Hidrología	LANDSAT
9	2021	Hydrological analysis of the Chulo River basin from a water balance using Landsat satellite images of the year 2018	Hidrología	LANDSAT 7

Tabla 4 – Uso de Imágenes Satelitales en Hidrología

Asimismo, las imágenes satelitales, más adecuadas que se usaron en agricultura, primero se identificaron según los artículos seleccionados se destacaron los que eran del área de agricultura, que fueron 9 artículos seleccionados, además se determinó las imágenes de los satélites, más usados, en cada artículo, como se puede apreciar en la tabla 5

	Año	Titulo investigación	Área	Imagen Satelital
1	2010	Classification of land use and land cover in the irrigated Indus Basin using growth phenology information from satellite data to support water management analysis	Agricultura	NDVI DE SPOT
2	2010	Evaluation of non-point source pollution reduction by applying Best Management Practices using a SWAT model and QuickBird high resolution satellite imagery.	Agricultura	IKONOS, QUICK BIRD KOMPSAT-2 Y 3
3	2016	Extracting Soil Water Holding Capacity Parameters of a Distributed Agro-Hydrological Model from High-Resolution Optical Satellite Observations Series	Agricultura	SENTINEL 2 Y 1
4	2016	Some considerations on the behavior of agricultural drought in Cuban agriculture and the use of satellite images in its evaluation	Agricultura	(GOES-EEUU; METEOSAT-ESA; GMS-Japón, INSAT-India; Fen Yun – China; el SSMI
5	2016	The use of satellite data for agriculture drought risk quantification in Ukraine	Agricultura	RESOLUCION GRUESA, LANDSAT-5 SATELLITES NOAA

	Año	Titulo investigación	Área	Imagen Satelital
6	2017	Effect Of Pan-sharpening multi-temporal Landsat 8 imagery for crop type differentiation using different classification techniques	Agricultura	LANDSAT 8
7	2017	Delimitation of management areas in precision agriculture from the remote acquisition of images using unmanned aerial vehicles	Agricultura	SENTINEL 2A
8	2018	Precision Agriculture in Colombia using High-Resolution Remote Sensing	Agricultura	LANDSAT 8
9	2021	Assessment of the temporary dynamics of coverage vegetable from Canton Salcedo through the use of satellite images from the year 2000 to 2020”	Agricultura	LANDSAT 7, 8 Y SENTINEL 2

Tabla 5 – Uso de imágenes satelitales en agricultura

No.	Año	Área	Resultados
1	2006	Hidrología	A través de imágenes satelitales Landsat durante 18 años, se muestran la pérdida progresiva de la lámina de agua y el aumento de la salinización de los suelos
2	2013	Hidrología	Se exploró el potencial de las imágenes ópticas de muy alta resolución (VHR) (0,50-2,50 m) y se recuperó información útil para aquellos modelos hidrológicos distribuidos a dos escalas.
3	2014	Hidrología	Se validó el uso de imágenes de satélite para evaluar los efectos de cambio de cobertura de suelo en la escorrentía directa en la cuenca del rio Lirquen.Se demostró que el uso de imágenes de satélite es una herramienta confiable para estudios hidrológicos
4	2014	Hidrología	Para monitorear la dinámica temporal reciente de agotamiento de las aguas subterráneas (GWD) y las extracciones de agua relacionadas, los datos de GRACE son los mejores
5	2016	Hidrología	Se analizó el balance hídrico de cuencas fluviales afectadas por actividades humanas mediante el uso de modelos hidrológicos y datos satelitales
6	2016	Hidrología	Se evaluó la utilidad de la información derivada de sensores remotos (RS) tanto sobre la dinámica del riego como sobre las tasas de evapotranspiración real.
7	2019	Hidrología	Se generó un modelo basado en datos satelitales y meteorológicos para estimar los términos de mayor peso del Balance Hídrico Superficial en cuencas de llanura.
8	2021	Hidrología	La información que brindan los modelos digitales permite el estudio de diferentes variables dentro del campo hidrológico
9	2021	Hidrología	Se identificaron los parámetros morfométricos e hidrológicos de la Cuenca del Río Chulo ubicada en el departamento de Tunja, se usó una imagen satelital Landsat 7 del año 2018.

Tabla 6 – Resultados que se han obtenido con el uso de imágenes satelitales en Hidrología

Por otro lado, se analizó los resultados que se han obtenido con el uso de las imágenes satelitales en hidrología como se puede apreciar en la tabla 6.

Además, se determinó los resultados que se obtuvieron con el uso de las imágenes satelitales en los 9 artículos seleccionados que corresponden al área de agricultura como se puede apreciar en la tabla 7.

	Año	Área	Resultados
1	2010	Agricultura	Se utilizaron imágenes de índice de vegetación disponibles gratuitamente del satélite SPOT-Vegetation para describir el ciclo fenológico de todos los agroecosistemas
2	2010	Agricultura	Se evaluó el efecto de reducción de la contaminación de fuentes no puntuales, mediante la aplicación de BMP a una pequeña cuenca agrícola, usando un modelo SWAT (herramienta de evaluación de suelos y aguas), e imágenes satelitales de alta resolución QuickBird
3	2016	Agricultura	Se promueve decisiones dentro del campo en Agricultura de Precisión (AP) para ambos: (1) optimizar la producción de cultivos; y (2) regular los impactos ambientales.
4	2016	Agricultura	Se analizó el comportamiento de la sequía agrícola en la agricultura de Cuba y el uso de imágenes por satélites
5	2016	Agricultura	Se evaluó el riesgo de sequía utilizando datos satelitales. El modelo permitió estimación y mapeo de períodos de retorno de diferentes categorías de sequías.
6	2017	Agricultura	Se evaluó el potencial del Landsat multitemporal de pan-sharpening imaginería para la diferenciación de cultivos en un clima mediterráneo
7	2017	Agricultura	Se evidencio el uso de imágenes satelitales Sentinel 2 A., para analizar los índices de vegetación (NDVI, NGRDI, SAVI), y delimitar las zonas de manejo de agricultura de precisión.
8	2018	Agricultura	Se realizo el seguimiento, monitoreo, e identificación de enfermedades, en cultivos de caña de azúcar, palma de aceite, papa, entre otros, usando las imágenes
9	2021	Agricultura	Se evaluó la dinámica temporal de la cobertura vegetal del cantón salcedo del año 2000 al 2020, se usó a las imágenes satelitales multiespectrales Landsat 7 ETM+, 8 OLI y sentinel 2.

Tabla 7 –Resultados del uso de las imágenes satelitales en Agricultura

4. Discusión

Para el presente estudio se han seleccionado 18 artículos, y así obtener una visión general de cómo es el uso de imágenes satelitales, tanto en hidrología como en agricultura. Primero se analizó la frecuencia de estudios publicados durante los años 2006 al 2021 y así poder responder a la primera pregunta.

4.1. Frecuencia temporal de estudios relacionados con el uso de imágenes satelitales en hidrología y en agricultura

A partir de la selección final de estudios es posible, determinar la frecuencia de publicaciones Tabla 3, en la que se observa que son 18 los estudios que se realizaron entre

el año 2006 a 2021,teniendo más frecuencia desde el año 2016 al 2018 que fueron 8,con un 38,89 %, lo que también se puede observar en la fig. 2, que muestra una distribución de estudios seleccionados por años donde se evidencia una tendencia creciente entre los años 2016 y 2018, notándose también que desde el año 2019 al 2021, la tendencia a la investigación de este tema decrece, se presume que es debido a la Pandemia COVID 19 que se enfrentó esos años.

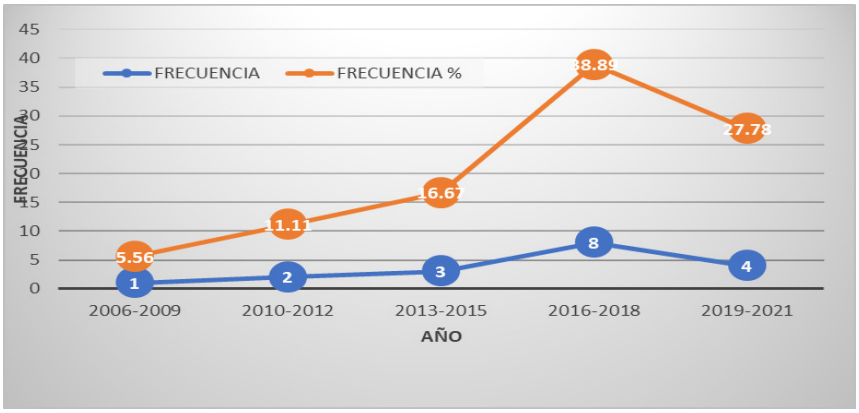


Figura 2 – Tendencia temporal de los estudios finales seleccionados.

4.2. Imágenes satelitales más adecuadas que se usan en Hidrología

Para el presente estudio se han seleccionado 9 artículos, que evidencian el uso de imágenes de satélite, en Hidrología, Tabla 4, como ser de LANDSAT, ENVISAT, SPOT, QUICKBIRD, SPOT5, M, ENVISAD, GRACE, MODIS, LANDSAT 5, LANDSAT 8, LANDSAT 7, que se usaron para el seguimiento de variables hidrológicas (precipitación, temperatura superficial del suelo, evapotranspiración y cobertura de suelo). Castro (2014) afirma que los algoritmos que utilizan imágenes satelitales vinculadas a variables hidrológicas son de gran utilidad porque permiten una buena predicción de los fenómenos meteorológicos. Respecto a la humedad del suelo Martinez-Fernandez et al., (2016), realizó un estudio evaluando el índice de déficit de agua del suelo. En esta revisión, se pudo evidenciar según Pérez González et al., (2006), en inundaciones se ha seleccionado una imagen del satélite europeo ENVISAT, utilizando un radar de apertura sintética (ASAR),con una resolución espacial de 25 m. Asimismo, se usaron dos imágenes satelitales (QuickBird y Spot 5), se mostró que cada imagen proporcionó información interesante y precisa sobre algunas de las clases de cobertura terrestre (Jacqueline et al., 2013).Se evidencia también que desde el año 2006, hasta el 2021, las imágenes satelitales se siguen usando en hidrología como podemos corroborar en el estudio de Felipe & Suárez (2021) sobre análisis hidrológico de las Cuenca del Río Chulo, se utilizaron como base imágenes de satélite Landsat tomadas en el año 2018 y afirma que las imágenes Landsat facilitan la ubicación e identificación de la cuenca en estudio.

4.3. Imágenes satelitales más adecuadas que se usan en Agricultura

Para determinar qué imágenes satelitales adecuadas se usaron en Agricultura, se seleccionaron 9 artículos relacionados con la agricultura, según como se puede apreciar en la Tabla 5, después de analizados se detectó que las imágenes fueron de los siguientes satélites : NDVI DE SPOT,IKONOS, QUICK BIRD KOMPSAT-2 y 3, SENTYNEL 2 y 1,(GOES-EEUU; METEOSAT-ESA; GMS-Japón, INSAT-India; Feng Yun – China; el SSM,RESOLUCIÓN GRUESA, LANDSAT-5, SATÉLITES NOAA,LANDSAT 8,SENTINEL 2A, se pudo evidenciar que son variadas las imágenes usadas en Agricultura, lo que corrobora en el estudio de Skakun (2016) realizó un estudio en Ucrania, presentando un nuevo enfoque para la estimación cuantitativa de la agricultura, basado en la integración de valores VHI de resolución gruesa derivados de Satélites de NOAA y mapas de cultivos de alta resolución derivados de imágenes Landsat-5. Se demostró también que SMOS SWDI reproduce bien la dinámica del balance hídrico del suelo y puede rastrear adecuadamente la sequía agrícola. (Martínez-Fernández et al., 2016). También se evidencio de que la Agricultura de Precisión es la que hace uso de imágenes satelitales, actualmente está siendo muy conocida. Tal es que se afirma que desde el 2006 al 2021 se sigue usando las imágenes satelitales que se están conociendo más, lo que corrobora en el estudio realizado por, Valencia et al. (2021), en el que, se evaluó la dinámica temporal de la cobertura vegetal del cantón salcedo del año 2000 al 2020 y se usó las imágenes satelitales multiespectrales Landsat 7 ETM+, 8 OLI y sentinel 2.

4.4. Resultados que se han obtenido con el uso de imágenes satelitales en Hidrología y en Agricultura

Según el contexto de los resultados y su relación con el uso de las imágenes satelitales en en lo que respecta a la Hidrología , como se puede observar en la tabla 6, se encuentran los resultados donde se evidencia que se logró solucionar problemas en lo que respecta a las variables hidrológicas, así tenemos a Jacqueminet et al.(2013) que en su estudio exploró el potencial de las imágenes ópticas de muy alta resolución (VHR) (0,50 a 2,50 m) en la cuenca de Yzeron, en Francia, para obtener información útil para aquellos modelos hidrológicos distribuidos en dos escalas. Se mostró que cada imagen / procesamiento proporcionó alguna información interesante y precisa sobre algunas de las clases de cobertura del suelo, asimismo afirma Martí et al. (2016), haber obtenido buenos resultados en el seguimiento y monitoreo de lagunas y cuencas utilizando imágenes satelitales provenientes de Landsat.(Peña-Arancibia et al., 2016), evaluaron la utilidad de la información derivada a distancia (RS) tanto de la dinámica de riego como de las tasas de evapotranspiración real que se incorporan a un modelo de balance hídrico de alcance del río para cuantificar el uso del agua de riego y la procedencia del agua subterránea. En términos de magnitud, los resultados fueron tan precisos o mejores que los de los modelos de riego más tradicionales. Para evidenciar aún más que las imágenes satelitales es de gran utilidad para la hidrología (Cabrera et al., 2021) documento 12 productos de origen satelital de 4 variables hidrológicas (precipitación, temperatura superficial del suelo, evapotranspiración y cobertura del suelo)visualizadas en el software abierto.

Por otro lado, los resultados en Agricultura, como se aprecia en la tabla 7, se evidencia que también al igual que Hidrología, se usan imágenes satelitales siendo positivo los

resultados ya que sirvieron para detectar, comparar y verificar problemas de salud del cultivo que requieren tratamiento. pueden ayudarnos a identificar, describir, cuantificar y monitorear los cambios de la cobertura vegetal, causadas por actividades y alteraciones antropogénicas o cambios climáticos, así como la descripción de escenarios tendenciales (Pérez y Muñoz, 2006) Las imágenes de índice de vegetación disponibles de forma gratuita en el satélite SPOT-Vegetación se utilizaron para describir el ciclo fenológico de todos los agroecosistemas a una resolución espacial de 1 km × 1 km. La información sobre el terreno y el conocimiento experto sobre los patrones de crecimiento de los cultivos se utilizaron para etiquetar las clases de uso del suelo y Cobertura del suelo (LULC) resultantes en Cuenca del Indo.(M. J. M. Cheema & Bastiaanssen, 2010). Se evaluó la dinámica temporal de la cobertura vegetal del cantón salcedo del año 2000 al 2020, se usó a las imágenes satelitales multiespectrales Landsat 7 ETM+, 8 OLI y sentinel 2. Se evidencio también que se realizó el seguimiento, monitoreo, e identificación de enfermedades, en cultivos de caña de azúcar, palma de aceite, papa, entre otros, usando las imágenes satelitales.

5. Conclusiones

Las investigaciones científicas revisadas constan de 18 artículos, asociados al uso de las imágenes satelitales en Hidrología y Agronomía, se consideró el periodo temporal desde el año 2006 al 2021.

Según las 18 evidencias científicas revisadas se puede concluir:

Con base al cumplimiento de los objetivos de esta investigación, se logró potencializar el conocimiento del uso de imágenes satelitales teniendo en cuenta estudios con el mismo objetivo, siendo la frecuencia de estos, durante los años 2016 al 2018 con una tendencia de apogeo, teniendo un38.89 %.

Mediante el uso de imágenes satelitales se analizó el cambio de cobertura en el área de estudio y se determina que las más usadas en hidrología son de LANDSAT, ENVISAT, SPOT, QUICKBIRD, SPOT5, ENVISAD, GRACE, MODIS, LANDSAT 5, LANDSAT 8, asimismo, las imágenes más adecuadas, que se usaron en Agricultura fueron de los siguientes satélites: NDVI DE SPOT, IKONOS, QUICK BIRD KOMPSAT-2 y 3, SENTYNEL 2 y 1, (GOES-EEUU; METEOSAT-ESA; GMS-Japón, INSAT-India; Feng Yun – China; el SSM, RESOLUCIÓN GRUESA, LANDSAT-5, SATÉLITES NOAA, LANDSAT 8.Siendo las imágenes LANDSAT, en especial LANDSAT 8, de gran nitidez, las mas usadas en Hidrología y Agricultura.

Es evidente que, con el uso de las imágenes satelitales, en Hidrología y Agricultura, se logran resultados positivos, al solucionar problemas en lo que respecta a las variables hidrológicas y el monitoreo de la evolución del cultivo en la tierra ya que, una de las grandes ventajas de las imágenes satelitales es que los satélites que las capturan, pasan por un mismo lugar periódicamente lo que asegura la multitemporal dad de los estudios.

El contar con este tipo de información detallada sobre el uso de imágenes satelitales en relación a la hidrología y la agricultura será de gran utilidad tanto para el desarrollo académico como el ámbito profesional ya que permiten decidir el uso de imágenes adecuadas en los distintos casos de las áreas de estudio.

Referencias

Nicholas M. 2003. The remote sensing tutorial: History of Remote Sensing: In the Beginning; Launch Vehicles, Washington, EU. Consultado el 05 de Julio del 2004. Disponible en: http://rst.gsfc.nasa.gov/Intro/Part2_7.htmlRocha, Á. (2012). Framework for a Global Quality Evaluation of a Website. *Online Information Review, 36*(3), 374-382. https://doi.org/10.1108/14684521211241404

Pérez, D. J. (2007). Introducción a los sensores remotos. Buenos Aires, Argentina.

Castro,E. (s.f. de s.f. de 2014).Universidad de Cuenca.Evaluación de imágenessatelitales de precipitaciones (TRMM 3B43 mensual) en región Costa,Sierra y Oriente: http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/20874

Cammalleri, C., Ciraolo, G., Minacapilli, M., & Rallo, G. (2013). Evapotranspiration from an Olive Orchard using Remote Sensing-Based Dual Crop Coefficient Approach. *Water Resources Management*, *27*(14), 4877-4895. https://doi.org/10.1007/s11269-013-0444-7

Cano, C., Andreoli, A., Arumi, J. L., & Rivera, D. (2014). Uso de imágenes de satélite para evaluar los efectos de cambio de cobertura de suelo en la escorrentía directa de una cuenca andina. *Tecnología y ciencias del agua*, *5*(4), 145-151.

Cardille, J. A., Foley, J. A., & Costa, M. H. (2002). Characterizing patterns of agricultural land use in Amazonia by merging satellite classifications and census data. *Global Biogeochemical Cycles*, *16*(3), 18-1-18-14. https://doi.org/10.1029/2000GB001386

Carles. (2017, julio 11). Sentinel: Una nueva puerta para la agricultura de precisión. Recuperado 30 de junio de 2019, de Aplicación y software de Gestión Agrícola website: https://www.agroptima.com/es/blog/sentinel-agricultura-precision/

Cheema, M. J. M., & Bastiaanssen, W. G. M. (2010). Land use and land cover classification in the irrigated Indus Basin using growth phenology information from satellite data to support water management analysis. *Agricultural Water Management*, *97*(10), 1541-1552. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.05.009

Cheema, Muhammad Jahanzeb Masud, & Bastiaanssen, W. G. M. (2012). Local calibration of remotely sensed rainfall from the TRMM satellite for different periods and spatial scales in the Indus Basin. *International Journal of Remote Sensing*, *33*(8), 2603-2627. https://doi.org/10.1080/01431161.2011.617397

Ferrant, S., Bustillo, V., Burel, E., Salmon-Monviola, J., Claverie, M., Jarosz, N., … Gascoin, S. (2016). Extracting Soil Water Holding Capacity Parameters of a Distributed Agro-Hydrological Model from High Resolution Optical Satellite Observations Series. *Remote Sensing*, *8*(2), 154. https://doi.org/10.3390/rs8020154

García-Cervigón, D., & José, J. (s. f.). *Estudio de Índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión*. 78.

Gilbertson, J. K., Kemp, J., & van Niekerk, A. (2017). Effect of pan-sharpening multi-temporal Landsat 8 imagery for crop type differentiation using different classification techniques. *Computers and Electronics in Agriculture*, *134*, 151-159. https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.12.006

González-Dugo, M. P., Escuin, S., Cano, F., Cifuentes, V., Padilla, F. L. M., Tirado, J. L., Mateos, L. (2013). Monitoring evapotranspiration of irrigated crops using crop coefficients derived from time series of satellite images. II. Application on basin scale. *Agricultural Water Management*, *125*, 92-104. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.03.024

Harris, A., & Hossain, F. (2008). Investigating the Optimal Configuration of Conceptual Hydrologic Models for Satellite-Rainfall-Based Flood Prediction. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, *5*(3), 532-536. https://doi.org/10.1109/LGRS.2008.922551

Jacqueminet, C., Kermadi, S., Michel, K., Béal, D., Gagnage, M., Branger, F., Braud, I. (2013). Land cover mapping using aerial and VHR satellite images for distributed hydrological modelling of periurban catchments: Application to the Yzeron catchment (Lyon, France). *Journal of Hydrology*, *485*, 68-83. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.01.028

Liang, S., Zhao, X., Liu, S., Yuan, W., Cheng, X., Xiao, Z., ... Townshend, J. (2013). A long-term Global LAnd Surface Satellite (GLASS) data-set for environmental studies. *International Journal of Digital Earth*, *6*(sup1), 5-33. https://doi.org/10.1080/17538947.2013.805262

Martin, E., Gascoin, S., Grusson, Y., Murgue, C., Bardeau, M., Anctil, F., ... Therond, O. (2016). *On the Use of Hydrological Models and Satellite Data to Study the Water Budget of River Basins Affected by Human Activities: Examples from the Garonne Basin of France*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32449-4_3

Martínez-Fernández, J., González-Zamora, A., Sánchez, N., Gumuzzio, A., & Herrero-Jiménez, C. M. (2016). Satellite soil moisture for agricultural drought monitoring: Assessment of the SMOS derived Soil Water Deficit Index. *Remote Sensing of Environment*, *177*, 277-286. https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.02.064

Paço, T. A., Pôças, I., Cunha, M., Silvestre, J. C., Santos, F. L., Paredes, P., & Pereira, L. S. (2014). Evapotranspiration and crop coefficients for a super intensive olive orchard. An application of SIMDualKc and METRIC models using ground and satellite observations. *Journal of Hydrology*, *519*, 2067-2080. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.09.075

Peña-Arancibia, J. L., Mainuddin, M., Kirby, J. M., Chiew, F. H. S., McVicar, T. R., & Vaze, J. (2016). Assessing irrigated agriculture's surface water and groundwater consumption by combining satellite remote sensing and hydrologic modelling. *Science of The Total Environment*, *542*, 372-382. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.086

Pérez González, M., & Rodríguez, P. (2006). *Aplicaciones de la teledetección en hidrología*.

Pôças, I., Paço, T., Paredes, P., Cunha, M., & Pereira, L. (2015). Estimation of Actual Crop Coefficients Using Remotely Sensed Vegetation Indices and Soil Water Balance Modelled Data. *Remote Sensing*, *7*(3), 2373-2400. https://doi.org/10.3390/rs70302373

Santos, C., Lorite, I. J., Allen, R. G., & Tasumi, M. (2012). Aerodynamic Parameterization of the Satellite-Based Energy Balance (METRIC) Model for ET Estimation in Rainfed Olive Orchards of Andalusia, Spain. *Water Resources Management*, *26*(11), 3267-3283. https://doi.org/10.1007/s11269-012-0071-8

Skakun, S., Kussul, N., Shelestov, A., & Kussul, O. (2016). The use of satellite data for agriculture drought risk quantification in Ukraine. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, *7*(3), 901-917. https://doi.org/10.1080/19475705.2015.1016555

Teledetección con drones Vs Teledetección satelital. (2018, febrero 20). Recuperado 30 de junio de 2019, de Hemav website: https://hemav.com/agricultura-de-precision-teledeteccion-satelital-vs-teledeteccion-con-drones/

Torbick, N., Chowdhury, D., Salas, W., & Qi, J. (2017). Monitoring Rice Agriculture across Myanmar Using Time Series Sentinel-1 Assisted by Landsat-8 and PALSAR-2. *Remote Sensing*, *9*(2), 119. https://doi.org/10.3390/rs9020119

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

Recebido/Submission: 14/10/2022
Aceitação/Acceptance: 15/12/2022

Plataforma IOT para Supervisão de Usina Fotovoltaica e Automação Predial com Validação no Ministério da Defesa do Brasil

Liomar de Miranda Leite[1], Ricardo Staciarini Puttini[1], Rafael T. De Souza Jr[1], Georges Daniel Amvame Nze[1], Fábio Lúcio Lopes de Mendonça[1]

liomar.leite@aluno.unb.br; puttini@unb.br; desousa@unb.br; georges@unb.br; fabio.mendonca@redes.unb.br

[1] Universidade de Brasília, UNB, CEP: 70.910-900, Brasília-DF, Brasil

Pages: 279-293

Resumo: As grandes organizações têm realizado nos últimos anos grandes investimentos em fontes alternativas de energia, tendo como objetivo central a desoneração financeira a médio prazo e previsibilidade no planejamento de consumo energético. Porém, as soluções comumente empregadas não preveem um acompanhamento efetivo e não integram as mais diversas informações de consumo e operacionalidade. Este artigo trata da concepção e desenvolvimento de uma plataforma de supervisão de IoT (*Internet of Things*), com supervisório baseado em sistemas SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*), estabelecendo indicadores e dados de operacionalidade predial, com a utilização de recursos do Protocolo HTTP/Web, computação em nuvem e as orientações do modelo de arquitetura de software RESTful. A validação da proposta envolve verificações a partir da monitoração da usina de energia fotovoltaica instalada no Ministério da Defesa (MD), na Esplanada dos Ministérios, Brasília-DF, onde a plataforma prototipada integra os componentes inteligentes da usina, como inversores, otimizadores de potência, microcontroladores, sensores de temperatura e umidade. Mostra-se assim as funcionalidades e resultados da monitoração remota da planta de geração e dos dispositivos de integração predial nela disponíveis.

Palavras-chave: IoT, Usina Fotovoltaica, Supervisão, Plataforma IoT, Modelo RESTful.

IOT Platform for Supervision of Photovoltaic Plant and Building Automation with Validation in the Ministry of Defense of Brazil

Abstract: In recent years, large organizations have made major investments in alternative energy sources, with the central objective of medium-term financial tax and predictability in energy consumption planning. However, the commonly used solutions do not provide for effective monitoring and do not integrate the most diverse information on consumption and operability. This article is intended to design and develop an Internet of Things (IoT) supervision platform, with supervisory based on Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) systems,

establishing indicators and building operability data, using HTTP/Web Protocol resources, cloud computing and restful software architecture model guidelines. The validation of the proposal involves verifications from the monitoring of the photovoltaic power plant installed in the Ministry of Defense (MD), on the Esplanade of Ministries, Brasília-DF, where the prototype platform integrates the intelligent components of the photovoltaic plant, such as inverters, power optimizers, microcontrollers, temperature and humidity sensors. This shows the functionalities and results of remote monitoring of the generation plant and building integration devices available therein.

Keywords: IoT, Photovoltaic Plant, Supervision, IoT Platform, RESTful Model.

1. Introdução

Ao longo dos anos, estamos acompanhando a crescente demanda por energia elétrica no Brasil, estabelecendo um enorme desafio para a capacidade de geração de energia, uma vez que as fontes geradoras são limitadas e influenciadas por diferentes variáveis de produção, interesses econômicos e políticos.

O setor elétrico brasileiro é centralizado na geração hidráulica, e esse aproveitamento hidrelétrico é de apenas 33% do seu potencial, o restante da capacidade hídrica para geração de energia se encontra na região amazônica (Empresa de Pesquisa Energética – EPE, 2022), onde os impactos ambientais para a implantação de nova usinas hidrelétricas seriam gigantescos. Com isso, a necessidade de criação de gerações alternativas de energia renovável aumentou nos últimos anos, com a energia solar fotovoltaica conectada a rede se destacando nesse contexto.

Com todo esse potencial de crescimento em um mercado ávido por novas soluções e melhorias, potencializado por resoluções e leis nacionais que visaram incentivar o setor de energia solar, vários estudos têm abordado maneiras de supervisionar remotamente as instalações das usinas fotovoltaicas com dados em tempo real, a fim de proporcionar maneiras de mitigar problemas, proporcionando uma vida útil maior das instalações e controle dos ativos.

As usinas Fotovoltaicas são compostas por diversos componentes com capacidade de sensoriamento, comunicação e processamento. Neste contexto, o termo Internet das Coisas (IdC) expressa todo o esforço do desenvolvimento para concatenar os diferentes dispositivos, linguagens, sistemas e protocolos em resultados práticos e acessíveis.

Com o mercado de equipamentos e aplicativos para IdC em plena expansão, investimentos de grandes multinacionais de bilhões de dólares impulsionam este mercado, como o efetuado recentemente pela IBM de US$ 3,0 bilhões (BASSI, S., 2015) ou pela Samsung de US$ 1,2 bilhões (FINGAS, J. 2016). É possível que dentro de alguns anos tenhamos em casa “centrais de controle”, versões mais poderosas da atual Amazon Echo ou do Google Home (BOHN, D; 2016). Estes dispositivos seriam responsáveis por fornecer a conexão à internet, sugestões e lembretes, totalizar os dados de geração do painel solar, da rede elétrica por Smart Grid, etc.

Como projeto pioneiro na Esplanada dos Ministérios em Brasília-DF, em implantar uma Usina Fotovoltaica (FV) nas coberturas do Edifício do Ministério da Defesa (MD), este trabalho visou desenvolver uma plataforma de supervisão das instalações da

usina FV do MD, utilizando os dispositivos inteligentes da mesma, como Inversores, Otimizadores de potência e Medidores de Energia, estabelecendo critérios de aquisição, tratamento e disponibilização de dados do sistema via uma interface gráfica Web service interativa para o usuário, utilizando um software tipo SCADA (Supervisory Control and Data Aquisition), computação em nuvem e as orientações do Modelo de Arquitetura de Software RESTful.

Em síntese este trabalho tem como objetivo principal a implementação de uma plataforma de supervisão gráfica de exibição dos dados aos usuários de fácil uso, intuitiva, consolidando os dados em um dashboard, que esteja disponível para o usuário através de uma página de internet ou aplicativo celular, da mini usina fotovoltaica de 520 kWp (kilo Watt pico de Energia) instalada no Ministério da Defesa em Brasília-DF.

Além do desenvolvimento de um sistema de monitoramento via WEB Services (WS) e dispositivos móveis, o presente trabalho também apresenta análises de desempenho da usina fotovoltaica, permitindo o monitoramento contínuo e em tempo real dos dispositivos, detecção de falhas, análise financeira da produção de energia e fatores de economia.

2. Trabalhos Correlatos

Na literatura, observa-se alguns trabalhos correlatados para implantação de supervisório utilizando IoT em usinas fotovoltaicas. Em (QAYS, Md Ohirul et al; 2022) os autores desenvolvem um aplicativo para o sistema de Controle de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA) para monitorar um sistema híbrido que compreende sistemas fotovoltaicos, eólicos e armazenamento de energia em baterias.

Em (Duair, Jaafar J et al; 2022) os autores implementam um sistema de controle de supervisão e aquisição de dados baseado em IoT para um sistema inteligente composto por uma matriz solar fotovoltaica (FV), banco de baterias e um gerador diesel, realizando toda a conexão sem fio e utilizando a arquitetura SCADA para gerar confiabilidade ao sistema, para os indicadores de falha nos subsistemas e falta de energia.

Em (Aghenta, Lawrence Oriaghe et al; 2019) os autores desenvolveram um sistema SCADA baseado em IoT que incorpora serviços Web com o SCADA convencional para um controle e monitoramento de supervisão mais robusto, utilizando um microcontrolador ESP32A de baixa potência, um microcontrolador Raspberry Pi e um roteador Wi-Fi local.

Em (Shapsough, Salsabeel et al. 2018) os autores apresentam uma nova arquitetura baseada em IoT que utiliza tecnologias de hardware, software e comunicação de IoT, para permitir o monitoramento e o gerenciamento em tempo real de sistema solares fotovoltaicos em grandes escalas. O sistema permite que os gestores controlem e monitorem remotamente os sistemas fotovoltaicos e avaliem os efeitos de vários fatores ambientais, como clima, qualidade do ar e sujeira.

Em (Lamnatou, Chr, D. Chemisana, and C. Cristofari; 2022) os autores revisam a situação atual das redes inteligentes em relação ao sistema fotovoltaicos, armazenamento de energia, integração da tecnologia nos edifícios e impactos ambientais produzidos e ainda a produzir.

Verifica-se que os trabalhos encontrados na literatura buscam soluções de supervisão IoT para usinas fotovoltaicas com custo baixo de implementação, uma vez que sistemas caros tendem a serem descontinuados. Os trabalhos também focam na simplificação de interface para todos os tipos de usuários, obtendo dados para orientar possíveis tomadas de decisões técnicas e econômicas.

O presente trabalho diferenciou dos trabalhos realacionados acima em buscar uma implementação gráfica e amigável para o usuário, com o desafio de tratar em tempo real uma quantidade significativa de dados utilizando conceitos de arquitetura de Software RESTful, possibilitando também acesso a plataforma apenas utilizando dispositivos móveis, contribuindo para soluções em sistemas integrados de supervisório de manutenção predial do tipo SCADA.

3. Metodologia

A partir da instalação física da mini usina FV no MD de 520 kWp (kilo Watt pico), desenvolveu-se uma plataforma IoT para aquisição e tratamento de todos os dados de supervisão gerados, permitindo também à disponibilização dos dados de maneira interativa para o usuário através de várias Interfaces Programáveis de Aplicação. Analisou-se também o comportamento das grandezas físicas extraídas dos componentes inteligentes da usina FV, além do desenvolvimento de rotinas de comunicação e respostas dos componentes instalados, resultando em alertas de falhas nos componentes e consequente intervenção preventiva e preditiva nos ativos instalados.

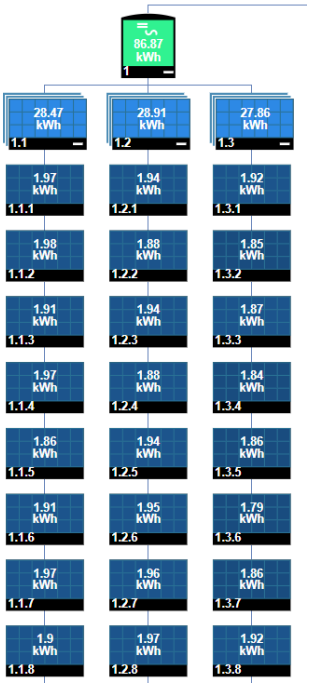


Figura 1 – Arranjo lógico parcial da usina.

Nas instalações da usina FV do MD, encontram-se 1600 módulos de silício policristalino de 325 Watts cada, 800 unidades de Otimizador de Energia de 700 W/125V, 18 inversores de 27,6 kWp da fabricante SolarEdge e um medidor de Energia Inteligente integrado aos inversores, produzindo o arranjo lógico apresentado na **Figura 1**. Cada Inversor está conectado a 3 Strings com 30 Painéis e 15 Otimizadores de potência cada.

3.1. Módulo de Comunicação da Usina FV

Os inversores instalados capturam todas as informações da operação da usina, obtendo os dados de grandezas Físicas como Corrente Elétrica em Ampère (A) em cada arranjo por exemplo. Com todos esses componentes rastreáveis através dos protocolos de comunicação TCP/IP, utilizou-se o protocolo Modbus RTU que é baseado na comunicação mestre-escravo, com padrão físico RS-485, para conectar todos os 18 inversores no mesmo barramento para aquisição e transmissão de dados, **Figura 2.**

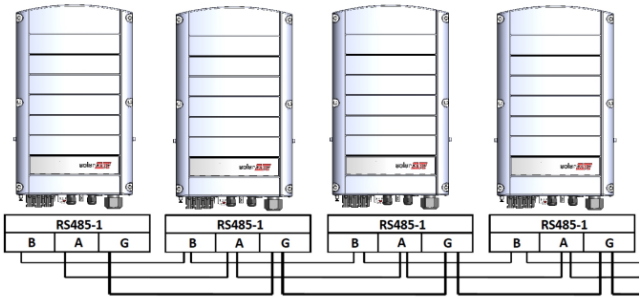


Figura 2 – Esquema de Ligação RS-485.

Os dados de geração da usina FV foram requisitados diretamente dos inversores, com a plataforma de prototipagem microcontrolada Arduino e a placa SE-SGM-R12-US-S1, **Figura 3**, para realizar a aquisição de dados e transferência para um servidor na nuvem, com frequência de envio de dados a cada 15 minutos.

Figura 3 – Placa SE-SGM-R12-US-S1

A plataforma de monitoramento e aquisição de dados foi desenvolvida através do software SCADABR, que é um software livre e open-source sem restrições de uso, sem limites de Tags ou Data Points.

A Ferramenta SCADABR estabelece configuração inicial e conexão do datalogger da Placa SE-SGM-R12-US-S1 com um computador através de uma rede local, onde cria-se um Data Source do tipo Modbus IP, **Figura 4**.

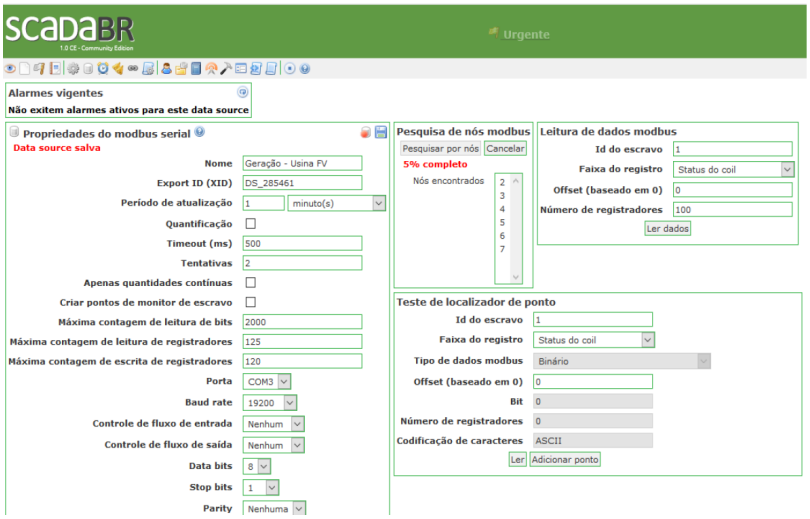


Figura 4 – Configuração de Data Source para equipamentos Modbus na rede e monitoramento da geração fotovoltaica.

3.2. Modo Gráfico

Através de data points no software SCADABR, cria-se as váriaveis para cada inversor. Ao todo foram criados 15 pontos de dados para cada um dos 18 inversores, resultando em um total de 270 pontos de dados, Figura 5.

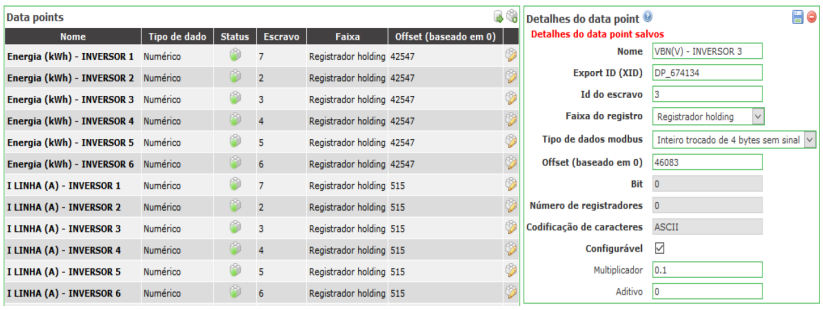


Figura 5 – Configuração dos pontos de dados dos inversores.

Para a implementação do modo gráfico, utilizou-se o esquemático de aquisição e transferência dos dados conforme **Figura 6**.

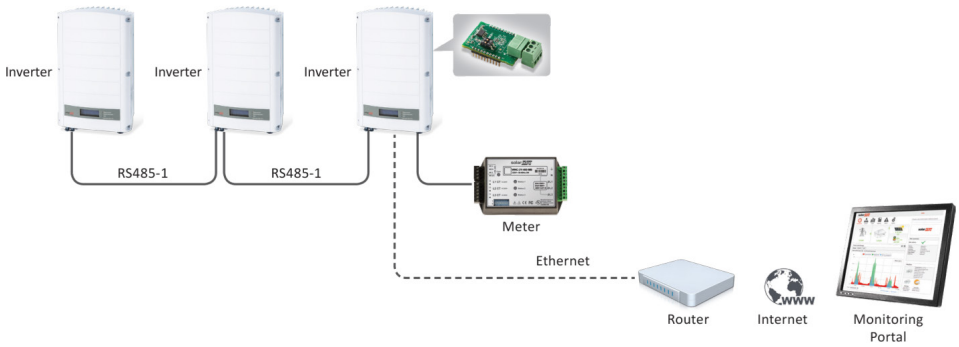


Figura 6 – Esquemático de transferência de dados para o modo gráfico.

Os comandos de implementação foram realizados diretamenta no microcontrolador Arduino da placa SE-SGM-R12-US-S1, gerando um algoritmo do firmware baseada na biblioteca ModbusMaster, que falicita o direcionamento das requisições para os Data points configurados em cada inversor, como demonstrado na **Figura 7**.

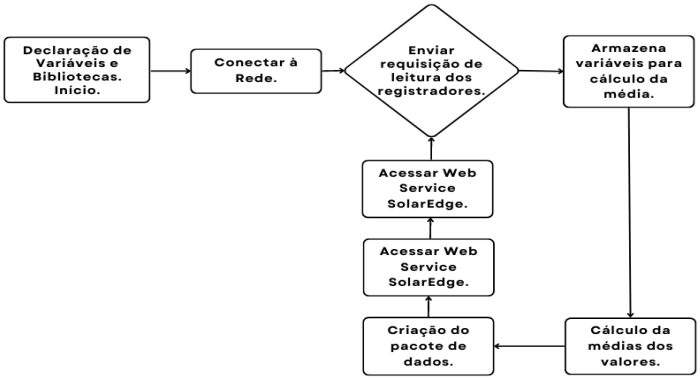


Figura 7 – Firmware de aquisição dos dados do Microcontrolador Arduino.

Via Interface de Programação de Aplicativos (API) disponível pela fabricante dos inversores, SolarEdge, com o móduo Cloud-Based, possibilitou-se a integração com a plataforma desenvolvida em SCADA, gerando uma interface mais amigável ao desenvolvedor e usuário.

Esses Serviços Web permitem o acesso aos dados salvos no servidor de monitoramento, mantendo os dados protegidos para usuários autorizados.

A API SolarEdge permite que aplicativos de software acessem seu banco de dados do sistema de monitoramento para fins de análise de dados, gerenciamento, exibição de dados do sistema em outros aplicativos, etc.

Na tabela 1, é listada os recursos de configuração e respostas das API disponibilizadas pelo fabricante SolarEdge.

Nome da API	**Retorno da API**
Site List	Uma lista de sites para uma determinada conta, com as informações em cada site. Esta lista permite conveniente pesquisa, classificação e paginação.
Site Details	Escolha dos Detalhes
Site Data	As datas de início e termino da produção de energia do local
Site Energy	Medições de energia do local
Site Energy - Time Period	Energia do local para um prazo solicitado
Site Power	Medições de potência do local em uma resolução de 15 minutos
Site Overview	Energia atual do local, produção de energia (hoje, este mês, vida útil) e receita vitalícia
Site Power	Medições detalhadas de potência do local, incluindo medidores como consumo, exportação (feed-in), importação (compra), etc.
Site Energy	Medições detalhadas de energia do local, incluindo medidores como consumo, exportação (feed-in), importação (compra), etc.
Site Power Flow	Obtenha o fluxograma de energia do site
Storage	Obtenha informações detalhadas de armazenamento de baterias, incluindo o estado de energia, energia e vida útil energia.
Site Image	A imagem do site como carregada no servidor, dimensionada ou de tamanho original.
Site Environmental Benefits	Resumo do impacto positivo do site no meio ambiente
Installer Logo Image	A imagem do logotipo do instalador como enviada para o servidor
Components List	Lista de inversores com nome, modelo, fabricante, numero de serie e status
Inventory	Informações sobre o equipamento SolarEdge, incluindo: inversores/SMIs, baterias, medidores, gateways e sensores
Inverter Technical Data	Dados técnicos sobre o desempenho do inversor por um período de tempo solicitado
Equipment Change Log	Lista de substituições para um determinado componente
Account List API	A lista de sensores instalados no site
Get Sensor List	Dados técnicos sobre o desempenho do inversor por um período de tempo solicitado
Get Sensor Data	As medições dos sensores instalados no local
Get Meters Data	Informações sobre cada medidor no site, incluindo: energia vitalícia, metadados e o dispositivo para a que está conectado.
API Versions	Os números de versão atuais e suportados

Tabela 1 – Lista de APIs SolarEdge Disponíveis para aplicações.

Sendo as APIs apresentadas serviços RESTful, com as seguintes características de aplicação:

- Usa URLs previsíveis e orientados a recursos.
- Possui recursos HTTP incorporados para passar parâmetros através da API.
- Responde com códigos HTTP padrão.
- Retorna resultados em XML, JSON (incluindo suporte jsonp) ou formato CSV.

O formato e os parâmetros da solicitação sao especificados por cada API e estão em conformidade com as formas HTTP e REST. A ordem do parâmetro na solicitação nao é significativa, tendo o ordenamento gráfico a critério do desenvolvedor.

3.3. Implmentação da Plataforma

A partir das API SolarEdge, realiza-se cadastro no site das aplicações e acesso ao servidor em nuvem, onde é disponibilizado canais para configuração das APIs, com os respectivos valores das funções a serem assistidas.

Em cada aba, "API Keys" ficam disponíveis as chaves de escrita e leitura que são exclusivas de cada canal. As API disponíveis permitem o endereçamento dos dados adquiridos via plataforma microcontrolada e da plataforma desenvolvida em SCADABR, possibilitando inúmeras configurações de visualização e tratamento dos dados adquiridos.

Como exemplo de uma API implementada, tem-se a API Site Energy, onde é realizado a requisição dos pacotes de dados obtidos do medidor de energia para cada arranjo de inversor. Configura-se os parâmetros Data inicial, Data final e Unidade de Tempo com variáveis do tipo String e saída JSON. A **Figura 8** exemplifica a aplicação API Site Energy configurada graficamente para resposta da produção de energia diária dos inversores da usina FV no MD.

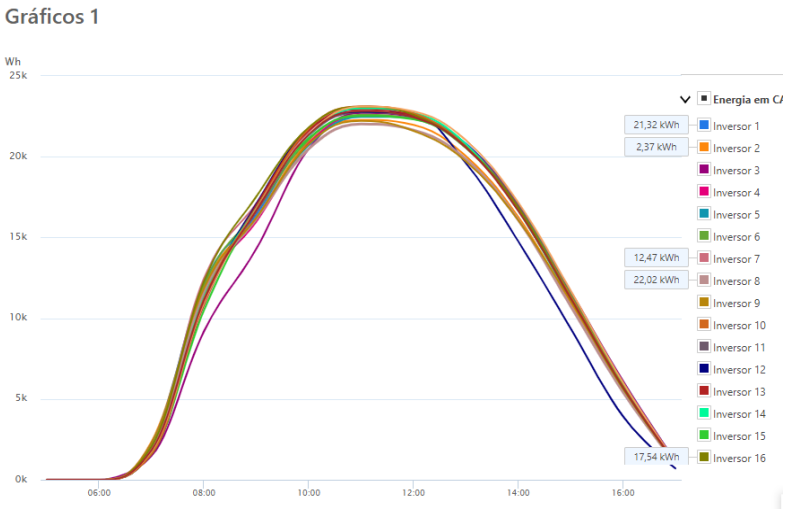


Figura 8 – Gráfico de produção de energia diária dos inversores da usina FV do MD.

4. Resultados e Discussão

Conforme o desenvolvimento mostrado para criação da plataforma do tipo SCADA para a configuração de todos os pontos de dados, totalizando 270 variáveis da usina FV do MD em observação, como aferição de grandezas físicas instantâneas, status de operação, alertas de problema de geração de Energia nos equipamentos, etc, a implementação das listas de observação gráfica foi estruturada para facilitar a utilização por qualquer usuário.

Para efeito de máximo aproveitamento de dados, todos os parâmetros foram desenvolvidos para aquisição de dados com menor intervalo de tempo possível no microcontrolador Arduíno e transmitido integralmente para o Cloud Server a cada 15 minutos, gerando um efeito instantâneao nos dados observados, porém com atualização despassada.

Os dados de maior interesse para a tomada de decisão na manutenção dos ativos da usina FV do MD foram dispostos juntos em um Dashboard gráfico, através das APIs disponíveis do fabricante do Inversores, SolarEdge. **A Figura 9** apresenta a interface gráfica com a disposição dos dados em observação instantânea para a produção de energia, bem como a estimativa financeira.

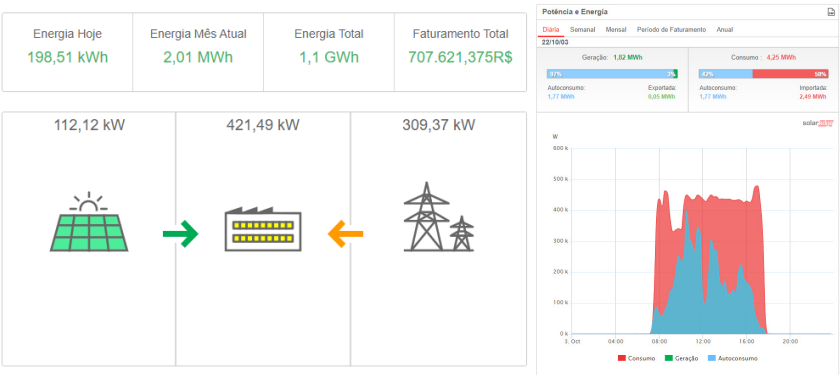
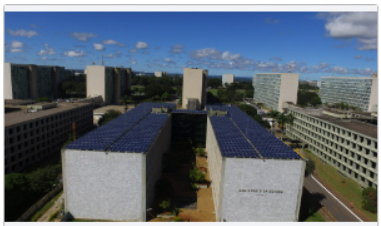


Figura 9 – Gráfico com os dados de produção e consumo de energia diária.

A **Figura 10** apresenta a implementação gráfica para acompanhamento do status de conexão ModBUS da usina com a plataforma SCADA desenvolvida.

A Figura 11 ilustra a implementação gráfica de alertas emitidos de falhas nos Inversores, indicando o tipo e a localização da falha.

A solução proposta para a aquisição de dados de geração a partir do armazenamento interno dos inversores é eficaz e garante a confiabilidade dos dados obtidos. As API Solar Edge se mostraram uma ferramenta de auto desempenho para supervisão dos componentes instalados na usina FV do MD.



Status	Ativo
ID	1542623
Nome	MINISTÉRIO DA DEFESA
Endereço	Esplanada dos Ministérios - A... Brasilia,Distrito Federal,Brazil
Data de Instalação	17/03/2020
Última Atualização	04/10/2022 02:05
Potência-Pico	528 kWp

Figura 10 – Status de conexão ModBus com a plataforma SCADA desenvolvida.

Informação do Alerta

Nome do site:	MINISTÉRIO DA DEFESA	Aberto:	27/02/2021 13:17
Alert Type:	Inversor - Detectado Problema de Geração	Componente:	Inverter 4
		Status:	Fechado 01/03/2021 08:22
Categoria:	Equipamento	SN:	7E170A78-17
Impacto:	8		

Descrição: Inversor - Problema detectado na produção

Figura 11 – Alerta de falha de funcionamento de um inversor emitido pela aplicação.

Para aplicação em dispositivos móveis, foi possível implementar o monitoramento de acompanhamento de produção energético, status de conexão do sistema e alarmes de possíveis falhas no sistema, não sendo possível extrair informações de grandezas físicas dos inversores instalados.

De forma geral a plataforma IoT desenvolvida cumpriu com seus objetivos na implementação via Web Service e também para dispositivos móveis.

Para implementação da plataforma desenvolvida em dispositivos móveis, a grande maioria das API desenvolvidas para web funcionaram para aparelhos móveis, onde foi utilizado para teste, o aplicativo MysolarEdge gratuito, sendo possível apenas visualização, **Figura 12**.

Figura 12 – Visualização da plataforma em dispositivos móveis.

5. Agradecimentos

Este trabalho teve como apoio em parte pelo CNPq - Conselho Nacional de Pesquisa (Processo 310941/2022-9 PQ-1D), em parte pela FAPDF - Fundação de Amparo à Pesquisa do Distrito Federal (Processo 625/2022 SISTeR City), em parte pela Universidade de Brasília (Ofício 7129 UnB COPEI), em parte pelo projeto AMORIS – Aplicativo Móvel e Central de Comando e Controle sobre Rede IoT para Suporte a Ações de Solidariedade no Combate ao COVID-19 e outros Surtos pela Procuradoria-Geral da União (Ofício AGU 697.935/2019), em parte pelo Conselho Administrativo de Defesa Econômica (Ofício CADE 08700.000047/2019-14), e em parte pelo Procuradoria Geral da Fazenda Nacional (Processo PGFN 23106.148934/2019-67).

6. Conclusões

Neste trabalho foram apresentadas as etapas de projeto, especificação e implantação de uma plataforma IoT de supervisão da usina fotovoltaica instalada no Ministério da Defesa em Brasília-DF.

Utilizando um sistema SCADA gratuito, SCADABR, em conjunto com as API SolarEdge disponíveis em um servidor cloud, o layout desenvolvido possui recursos gráficos que facilitam o monitoramento, disponibilização dos dados em tempo real, armazenamento de todo o histórico de produção, permitindo a comparação por períodos, além de possibilitar aferições de grandezas físicas dos componentes instalados, bem como extrair gráficos de desempenho.

Para aplicação Mobile, a implementação ocorreu de maneira satisfatória, podendo ser acompanhado de maneira resumida os indicadores de produção e status do sistema, tendo ainda alarmes de ocorrências no sistema.

Considerando que geralmente o monitoramento de usinas utiliza um dispositivo de transferência de dados para cada inversor instalado, o sistema proposto no presente trabalho além de apresentar baixo custo frente as soluções comerciais, possui a vantagem de utilizar apenas um hardware para realizar a aquisição e transferência de dados de todos os inversores conectados ao barramento RS485, reduzindo ainda mais os custos com componentes eletrônicos.

Embora o sistema desenvolvido tenha apresentado funcionamento satisfatório, alguns módulos podem ser explorados para trabalhos futuros, a saber:

- Integração de outros parâmetros prediais na plataforma de monitoramento, onde será necessário investimento de componentes inteligentes e modernização de instalações no Ministério da Defesa.
- Testes na segurança cibernética do sistema;
- Backup do banco de dados utilizado que pertence a um serviço grátis, não apresentando segurança na manutenção dos dados no futuro;
- Implementação de outras APIs como para incremento de informações ao usuário e de acordo com o Plano de Manutenção dos ativos instalados.

Referências

AGHENTA, LAWRENCE ORIAGHE, and Mohammad Tariq Iqbal. “Low-Cost, Open Source IoT-Based SCADA System Design Using Thinger.IO and ESP32 Thing.” Electronics (Basel) 8.8 (2019): 822. Web.

ANNUAL, C.; REPORT, I. White paper Cisco public. 2018.

BASU, S.; DEBNATH, A. Power Plant Instrumentation and Control Handbook: A Guide to Thermal Power Plants. Elsevier Science, 2014. ISBN 9780128011737. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=Ns06BAAAQBAJ>.

BOHN, D. Google Home: a speaker to finally take on the Amazon Echo. 2016. Website The Verge. Disponível em: <http://www.theverge.com/2016/5/18/11688376/googlehome-speaker-announced-virtual-assistant-io-2016>.

DUAIR, JAAFAR J, Ammar I Majeed, and Ghusoon M Ali. “Design and Implementation of IoT-Based SCADA for a Multi Microgrid System.” ECS Transactions 107.1 (2022): 17345-7359. Web.

FINGAS, J. Samsung pours $1.2 billion into the Internet of Things. 2016. Site Engadget. Disponível em: https://www.engadget.com/2016/06/21/samsung-investsin-internet-of-things.

JUNIOR, R. M. M. Instrodução à Energia Fotovoltaica. [S.l.]: Universidade Técnica de Lisboa, 2002. v. 1. 1–47 p.

LAMNATOU, Chr, D. Chemisana, and C. Cristofari. “Smart Grids and Smart Technologies in Relation to Photovoltaics, Storage Systems, Buildings and the Environment.” Renewable Energy 185 (2022): 1376-391. Web.

LEME, M.; TROJAN, F.; XAVIER, A.; FRANCISCO, A. Digital energy management for houses and small industries based on a low-cost hardware. Revista IEEE América Latina, IEEE, Los Alamitos, v. 14, n. 10, p. 4275–4278, 2016. ISSN 1548-0992.

NAKANO, A. Simulação de desempenho energético de tecnologias fotovoltaicas em fachadas de edifício no município de São Paulo. [S.l.]: Dissertação de mestrado. Mestrado em Ciências. Universidade de São Paulo, 2017. v. 1.

OBI, M.; BASS, R. Trends and challenges of grid-connected photovoltaic systems – a review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 58, p. 1082–1094, 5 2016. ISSN 13640321.

ORDUZ, R.; SOLóRZANO, J.; EGIDO, M. ; ROMáN, E. Analytical study and evaluation results of power optimizers for distributed power conditioning in photovoltaic arrays. Progress in Photovoltaics: Research and Applications, v. 21, n. 3, p. 359–373, 2013. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pip.1188.

PEREIRA, E.; MARTINS, F.; GONçALVES, A.; COSTA, R.; LIMA, F.; RüTHER, R.; ABREU, S.; TIEPOLO, G.; PEREIRA, S.; SOUZA, J. Atlas brasileiro de energia solar. [S.l.]: Universidade Federal de São Paulo, 2017. ISBN 9788517000898.

PINHO, J.; GALDINO, M. A. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. [S.l.], 2014. v. 1, 1–530 p.

QAYS, MD OHIRUL, Musse M. Ahmed, M. A. Parvez Mahmud, Ahmed Abu-Siada, S. M. Muyeen, Md Liton Hossain, Farhana Yasmin, and Md Momtazur Rahman. “Monitoring of Renewable Energy Systems by IoT-aided SCADA System.” Energy Science & Engineering 10.6 (2022): 1874-885. Web.

REZK, H.; ELTAMALY, A. M. A comprehensive comparison of different mppt techniques for photovoltaic systems. Solar Energy, v. 112, p. 1–11, 2015. ISSN 0038-092X. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X14005428.

SANTOS, B. P.; SILVA, L. A. M.; CELES, C. S. F. S.; NETO, J. B. B.; PERES, B. S.; AUGUSTO, M.; VIEIRA, M.; VIEIRA, F. M.; GOUSSEVSKAIA, O. N.; LOUREIRO, A. A. F. Internet das Coisas: da Teoria à Prática.

SEYEDMAHMOUDIAN, M.; MOHAMADI, A.; KUMARY, S.; OO, A. M. T.; STOJCEVSKI, A. A comparative study on procedure and state of the art of conventional maximum power point tracking techniques for photovoltaic system. International Journal of Computer and Electrical Engineering, International Academy Publishing (IAP), v. 6, p. 402–414,2014.

SHAPSOUGH, Salsabeel, Mohannad Takrouri, Rached Dhaouadi, and Imran A. Zualkernan. “Using IoT and Smart Monitoring Devices to Optimize the Efficiency of Large-scale Distributed Solar Farms.” Wireless Networks 27.6 (2018): 4313-329. Web.

SHARIFF, F.; RAHIM, N. A.; PING, H. W. Photovoltaic remote monitoring system based on gsm. In: 2013 IEEE Conference on Clean Energy and Technology (CEAT). [S.l.: s.n.], 2013. p. 379–383.

SUNNY. SUNNY WebBox with Bluetooth R Wireless Technology. [S.l.]: urlhttp://files.sma.de/dl/11567/WEBBOXBT- AU111912W.pdf>., 2011

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

Recebido/Submission: 11/07/2022
Aceitação/Acceptance: 10/11/2022

Diseño de Artefactos para la mejora de la Gestión de la Cadena de Suministros en una planta de Terminales de distribución de hidrocarburos líquidos, con la utilización de la Investigación en Ciencias del Diseño (DSR)

Adolfo Jorge Prado Ventocilla[1], Edwin Jorge Montes Eskenazy[1]

c16555@utp.edu.pe; c21888@utp.edu.pe

[1] Universidad Tecnológica del Perú (UTP), Lima, Perú.

Pages: 294-310

Resumen: El objetivo de esta investigación es diseñar artefactos aplicables a la resolución de problemas en la gestión de la cadena de suministros de una organización de terminales de distribución de hidrocarburos líquidos, utilizando un marco DSR. Esta es una investigación enfocada en el diseño, en la cual se genera conocimiento sobre el problema y su solución mediante la construcción innovadora de artefactos. Para lo anterior se partió de la información primaria aportada por los diferentes terminales objeto de estudio, seguidamente se procedió a analizar los terminales en función de su información. El artefacto fue elaborado en base a los marcos de trabajo de SCM, y metodología DSR de Hevner, cuyos resultados concluyeron que el modelo cumple con los criterios de evaluación a nivel de diseño y está enmarcado dentro del uso de buenas prácticas de la cadena de suministro.

Palabras-clave: Investigación en ciencias del diseño (DSR); gestión de la cadena de suministro (SCM); artefactos.

Design of Artifacts for the improvement of the Management of the Supply Chain in a plant of Terminals of distribution of liquid hydrocarbons, using Research in Sciences of the Design (DSR)

Abstract: The objective of this research is to design artifacts applicable to the resolution of problems in the Management of the Supply Chain of an organization of Liquid Hydrocarbons Distribution Terminals, using a DSR framework. This is an investigation focused on design, in which knowledge about the problem and its solution is generated through the innovative construction of artifacts. For the above, we started from the primary information provided by the different terminals under study, then proceeded to analyze the terminals based on their information. The artifact was developed based on the SCM frameworks and Hevner's DSR methodology, whose results concluded that the model meets the evaluation criteria at the design level and is framed within the use of good Supply Chain practices.

Keywords: Design Sciences Research (DSR); Supply Chain Management (SCM); artifacts.

1. Introducción

Mediante el presente trabajo se espera contribuir metodológicamente al campo de DSR, al aplicarla en el ámbito de la cadena de suministro, explorando nuevos usos. Adicionalmente, este trabajo permitirá identificar conceptos en el emergente campo de la cadena logística, en la industria de hidrocarburos. Los artefactos, resultado de la presente investigación brindarán la oportunidad de hacer artefactos más accesibles para la práctica y base para los estudiosos.

Por otro lado, permitirá orientar los futuros esfuerzos de innovación en la gestión de la cadena de suministro mediante el paradigma del DSR, utilidad metodológica de la investigación de la ciencia del diseño. Se prevé que las pautas y características de artefactos propuestas por el DSR aumente la motivación de los usuarios de la industria y del mundo académico a través de herramientas de mejora en el intercambio de la información y conocimiento en la labor colaborativa de la cadena de suministro.

Además de ser útil para las unidades de negocio objeto de estudio, permitirá ilustrar cómo estos principios de la ciencia del diseño se pueden aplicar a una clase de problemas similares. De esta forma, la investigación basada en las ciencias de diseños (DSR), puede proporcionar aportes claros y verificables en tres áreas como son diseño del artefacto, conocimiento para su construcción y/o conocimiento para su evaluación.

Razones de por qué utilizar el enfoque DSR en lugar de un enfoque convencional:

- Con el enfoque convencional existe una pérdida de la practicidad de las investigaciones académicas.
- Con el enfoque convencional las organizaciones objetivo comienzan a estar limitados por las herramientas actuales de investigaciones:
  - Observación directa, entrevistas.
- Los profesionales en el campo de tecnología aplicada se cuestionan: ¿Qué hemos obtenido de todos esos análisis académicos?, ¿Los paradigmas de investigación de las ciencias básicas y sociales no encajan a la práctica diaria?
- La necesidad de una comunicación bidireccional, cooperación activa.
- La necesidad de validar informaciones. Veracidad pragmática.
  - Lo que funciona es verdad.
- El objetivo de convertir la construcción innovadora (artefacto) relevante, simple y fácil de usar.
  - Contraposición de la visión de ciencia muy sofisticada.

2. Estado del Arte

El enfoque DSR tiene sus orígenes en 1996 gracias a Herbert Simons, premio Nobel de economía, quien es el pionero en ingeniería en general, solución de problemas, toma de decisiones, modelos heurísticos, inteligencia artificial, entre otras. El sostenía que hay una diferencia entre las ciencias de lo natural y las ciencias de lo artificial, marcando

un hito en los años 90 con la publicación de su libro "Las ciencias de lo artificial" (*The Science of the Artificial*), pero en realidad despega en el 2004 y tiene una rápida acogida por dos razones. La primera es que los ingenieros la encuentran más adecuada a su labor profesional y, la segunda, es que legitima esa forma de hacer las cosas, entonces les motiva a estructurar su investigación usando otro paradigma. El principio fundamental de DSR es que el conocimiento, comprensión de un problema y su solución, se adquieren en la aplicación y construcción de un artefacto.

Luego una revisión sistemática preliminar, acerca de la aplicación de *Design Science Research* (DSR) en la gestión de la cadena de suministro (SCM) se obtuvieron los siguientes resultados:

Se encontraron cinco artículos científicos, dos artículos pertenecientes al 2021, un artículo perteneciente al 2020, un artículo del 2019 y un artículo del 2018.

De esta forma, tenemos dos artículos relacionados con temas de cadena de bloques (*blockchain*) (Diniz, et al. 2021) y (Wang, et al, 2021), un artículo relacionado con gestión medio ambiental (*green*) (Saghaei, et al. 2021) y dos artículos relacionados con cadena de suministro digital (Su, 2020) y (Górtowski & Lewańska, 2019), que son tendencias en la cadena de suministro. De los mismos se puede resaltar el éxito en el uso en el desarrollo de teorías de rango medio (*mid range theory*), asociado a la integración de la teoría con la practica en la investigación de fenómenos empíricos, así como en la evaluación de modelos.

Se aprecia, además, el potencial de extender la investigación en otros dominios de la cadena de suministro y afrontar este proceso en contraposición a los métodos tradicionales de investigación en la cadena de suministro, surgiendo aquí el DSR como un tema reciente.

Haciendo una revisión de investigaciones en cadena de suministro en la revista *Journal of Business logistic* de la CSCMP, notamos, que en estos tiempos se observan que los cambios económicos, políticos, tecnológicos y fuerzas de la naturaleza vienen afectando a la cadena de suministros, cambios que se reflejan en la mayor volatilidad asociados con incertidumbre en el tiempo y la extensión del cambio. Estos cambios sobre todo requieren de nuevos métodos y al estar relacionado fuertemente con lo intangible - tecnológico (conocimiento e información) la investigación basada en el nuevo paradigma de ciencias del diseño, tendría una oportunidad de mostrar su idoneidad. Este enfoque se refuerza, por otro lado, por que las empresas buscan ser más agiles y dar respuesta rápida a los clientes (Zinn & Goldby ,2020).

De esta forma la investigación en cadena de suministro se convierte en crucial, especialmente en sus vertientes de cadena de suministro global y sostenibilidad.

Por todo lo anterior, la investigación en cadena de suministro requiere de nuevas metodologías que sean capaces de generar acción, nuevas ideas en temas importantes y que sus efectos sean medidos de manera cuantitativa (Craighead, 2019). Un enfoque de investigación basada en la ciencia de diseño sería de gran valor para los investigadores y gestores de la cadena de suministro, y permitiría por otro lado y de acuerdo a este enfoque la definición de artefactos más idóneos.

De acuerdo con el *Journal of Business Logistic*, en la gestión de la cadena de suministro están cobrando importancia tópicos especiales en cadena de suministro, como cadena de suministro global, resiliencia, talento, cadena de suministro digital, cadena de suministro extendida, entre otros. Buscando un enfoque integrador de la teoría con la práctica, por lo que se manifiesta la necesidad de métodos que encausen este requerimiento. Aquí DSR tiene un potencial integrador muy interesante.

Sobre el sector escogido, las empresas en el sector hidrocarburos son empresas intensivas en capital, con un creciente uso de prácticas en transformación digital para el mejoramiento de sus procesos, y dado que DSR se viene usando en inteligencia de negocios, cadena de bloques, minería de datos, etc., se considera un método con potenciales beneficios en este sector y con muchas ventajas frente a los enfoques tradicionales.

3. Método

3.1. Marco de trabajo de investigación científica basada en el diseño (DSRM)

3.1.1. Marco de trabajo

La metodología de investigación a seguir es la metodología de ciencia del diseño de Hevner (Dresch, et. al 2014), .que analiza el problema en componentes: Entorno, diseño (construir y evaluar) y base de conocimiento.

3.1.2. Modelo de proceso

El modelo de proceso a seguir para el desarrollo de proyecto de DSR se basa en el modelo de proceso de metodología DSR de Peffers et al 2007, adaptado por Broke, Hevner y Macher (Vom Broke, et al. 2022), el cual consta de las siguientes etapas:

Identificación del problema, definición de los objetivos, el diseño y desarrollo, la demostración y la evaluación.

3.1.3. Modelo de evaluación

Para la actividad de evaluación del proceso cíclico de DSR nos basamos en el modelo de Sonnenberg y Vom Broke (Vom Brocke, et al.2020)) :

- Evaluación 1: Evaluación de la identificación del problema usando como criterios importancia, novedad y viabilidad.
- Evaluación 2: Evaluación del diseño de la solución; que incluye los criterios de simplicidad, claridad y consistencia.
- Evaluación 3: Evaluación de la instanciación de la solución; los criterios incluyen la facilidad de uso, la fidelidad con los fenómenos del mundo real y la robustez.
- Evaluación 4: Evaluación de la solución en uso; los criterios incluyen la eficacia, la eficiencia y la consistencia externa del modelo.

4. El Contexto

4.1. Descripción de la organización analizada

Consorcio Logístico, ofrece a sus clientes los servicios de almacenamiento y despacho de productos líquidos (hidrocarburos). Una característica importante de la empresa es su régimen de operación de libre acceso, lo que quiere decir que los servicios que brinda pueden ser contratados por cualquier empresa que cuente con las autorizaciones correspondientes.

Las unidades de negocio que conforman Consorcio Logístico se distribuyen geográficamente de la siguiente manera: 03 en la costa norte (N1, N2, y N3); 02 en la costa central (C1 y C2); 01 en la costa sur (S1); y 02 en la sierra sur (S2 y S3) del Perú, respectivamente.

La operación de los servicios en cada unidad de negocio comprende la carga de combustible desde buques tanque (en el caso de terminales en la costa) y desde camiones cisterna y unidades de almacenamiento en ferrocarril (en el caso de terminales en la sierra).

Cada terminal comprende de un conjunto de islas donde se despacha a los mayoristas que surten de combustible a las cadenas de grifos del país, las mismas que están gestionadas por sistemas TAS (Sistema de automatización de terminales por sus siglas en inglés).

Por la naturaleza del mercado en que participa, la empresa no tiene capacidad de influir en la demanda de sus servicios, por lo que debe lidiar con la minimización de sus recursos de entrada.

5. El Viaje

Describiremos el viaje de investigación de la ciencia del diseño de este proyecto en términos del modelo de Hevner para la investigación de la ciencia del diseño. Este modelo describe un proceso iterativo de conocimiento del problema y comprender la solución planteada.

5.1. Trayecto 1 – Conciencia y encuadre del problema

Para realizar una revisión sistemática de la aplicación de DSR en la gestión de cadena de suministro, se diseñaron protocolos de búsqueda y framework para la gestión de la información de casos relevantes, esta actividad se reforzó con entrevistas a los agentes de la cadena de suministro, seguido de un análisis y síntesis de la información recopilada.

Entendiendo el problema: Para el efecto se utilizaron herramienta de investigación académica como VOSviewer (Orduna & Costas, 2021 y Rupinder Katoch, 2022) y Wizdom.ai, para identificar los términos y tópicos más relevantes relacionados con la cadena de suministro a partir de investigaciones de revisión de literatura e investigaciones primarias.

Caracterizando las posibles soluciones: Los tópicos asociados a la cadena de suministro en las investigaciones de revisión de literatura en los últimos 2 años arrojan los siguientes resultados:

Se aprecian 4 grandes grupos, distribuidos en: Tecnología disruptiva cadena de bloques y analítica, sostenibilidad economía circular, cadena de suministro verde y gestión del talento humano.

Los tópicos asociados a la cadena de suministro en las investigaciones primarias en los últimos 2 años arrojan los siguientes resultados:

Se aprecian 5 grandes grupos, distribuidos en: Gestión de riesgo y cadena de bloques, salud asociada a la pandemia Covid, ciclo de vida de la cadena de suministro y desarrollo económico, cadena de suministro verde y modelos de ingeniería y optimización.

Haciendo un procesamiento más detallado de los resultados de estas búsquedas con la herramienta Wizdom.ai se aprecia: Las investigaciones sobre la gestión de la cadena de suministro se centran en los siguientes tópicos: Sostenibilidad asociada con resiliencia y gestión del riesgo, cadena de suministro verde y logística inversa, gestión de desempeño-métrica en finanzas y costos, estrategias de la cadena de suministro con orientación a la cadena de valor y cadenas de suministro globales, transformación digital de la cadena de suministro-incluye el uso de software y ciberseguridad, configuración de la cadena de suministro-redes de distribución y optimización y colaboraciones en la cadena-relaciones de socios.

Desde un punto de vista funcional, se identifica una relación con compras, manejo de subastas y en logística del transporte, distribución. El almacenaje constituye un rubro aparte.

En cuanto a sectores y agentes tenemos: Alimentos, ámbito militar, salud (incluye farmacia) y energía.

5.2. Trayecto 2 – Determinación de los dominios de interés

Dado la evolución en la gestión de la cadena de suministro y los desafíos que se plantean en los distintos dominios, se hizo un análisis donde se integró información, procesos, personas, agentes de la cadena de suministros, y procesos, sobre la cual se estaría planteando el artefacto a desarrollar. A continuación, se presenta un análisis de los marcos de trabajo en cadena de suministro identificados, y cuál es el que se adecua mejor a las necesidades del sector relevado.

Entendiendo el problema:

Identificar los conocimientos críticos en los procesos de la cadena de suministro mediante sesiones de investigación activa.

Análisis de los dominios SCM seleccionados.

- **Dominio: Sostenibilidad asociada con resiliencia y gestión del riesgo.**

Con un fuerte aumento de los esfuerzos globales de socorro en casos de desastre en todo el mundo, la cadena de suministro de socorro y la logística de asistencia humanitaria juega un papel importante para abordar este problema. Una visión general amplia de la investigación de operaciones abarca desde un principio o marco conceptual a la metodología de análisis y estudio de casos aplicados en este campo. Los documentos relacionados con el socorro en casos de desastre se pueden agrupar en tres aspectos en

términos de atributos logísticos: ubicación de las instalaciones, distribución modelo y modelo de inventario.

- **Dominio: Cadena de suministro verde y logística inversa.**

La sostenibilidad y las preocupaciones ambientales han sido temas importantes de discusión en décadas recientes. La gestión de la cadena de suministro verde asegura la eficacia de las políticas públicas y privadas en la ecologización de sus operaciones, el aumento de la cuota de mercado, la mejora de la imagen y reputación de la empresa y aumentar los beneficios. Un marco conceptual los organiza en 3 dimensiones ambientales, 21 categorías y 64 practicas verdes.

Dominio: Colaboraciones en la cadena, relaciones de Socios.

Impulsores, alianzas y desempeño de la cadena de suministro en pymes de alta tecnología. Forma en que las empresas de la cadena de suministro se asocian ya sea nivel de función empresarial y/u organizacional, sus factores que las impulsan y las medidas de desempeño.

- **Dominio: Configuración de la cadena de suministro, redes de distribución y optimización**

Diseño robusto de redes de suministro: un modelo de optimización con aplicación en el mundo real. A partir de un modelo de optimización robusto para el diseño de una cadena de suministro que se enfrenta a la incertidumbre de la demanda, la capacidad de suministro y costes de transporte y escasez, determinar las estrategias de "localización" y tácticas de "asignación" para una cadena de suministro.

- **Dominio: Gestión de desempeño, métrica en finanzas y costos.**

Un estudio empírico de la sostenibilidad de la cadena de suministro con los resultados financieros de las empresas indias.

Determinar el impacto de las prácticas de la cadena de suministro sostenible en los resultados financieros. Las prácticas deben tener en cuenta que los resultados medioambientales, sociales y de gobernanza, pueden no influir positivamente en los resultados financieros medidos por el rendimiento de los activos (ROA) y el rendimiento de los fondos propios (ROE). Se sustenta en el concepto y la teoría de la modernización ecológica que sugiere los beneficios económicos del ecologismo.

- **Dominio: Transformación digital de la cadena de suministro, incluye el uso de software y ciberseguridad.**

Se busca una comprensión más profunda de la transformación digital de cadenas de suministro y su impacto subyacente en la estrategia y la estructura operativa de la cadena de suministro. A través de identificar los elementos clave y sus interacciones. del ecosistema de las cadenas de suministro digitales y los sistemas de distribución.

- **Dominio: Sostenibilidad asociada con resiliencia y gestión del riesgo.**

La identificación, evaluación y seguimiento de los riesgos, desarrollando una definición exhaustiva y un marco conceptual.

Se ofrece una comprensión amplia y contemporánea de la GCS; y se presenta una nueva y exhaustiva definición que abarca el proceso, la vía y los objetivos de la SCRM, lo que da lugar a un marco conceptual. La agenda de investigación orienta el trabajo futuro hacia la maduración de la disciplina. Esto implica animar a los directivos a adoptar un enfoque holístico de la GCRS. Por último, se ofrece orientación sobre cómo seleccionar las acciones de tratamiento de riesgos adecuadas en función de la probabilidad y el impacto de un riesgo.

Análisis de los frameworks SCM seleccionados.

- **The Global Supply Chain Forum (GSCF)**

Issues in Supply Chain Management: Progress and potential

En un artículo del 2000 Lambert y Cooper presentaron un marco para la gestión de la cadena de suministro (SCM), así como cuestiones relacionadas con la forma en que debe implementarse y las direcciones para futuras investigaciones. El marco se componía de ocho funciones y procesos transversales de negocio que podrían utilizarse como una nueva forma de gestionar las relaciones con proveedores y clientes. En esta investigación, se revisan los indicadores de desempeño alineando al desarrollo y la implementación del marco SCM propuesto.

- **CSCMP**

El Consejo de Profesionales de la Cadena de Suministro (CSCMP) se dedica a desarrollar, avanzar y difundir el conocimiento de la cadena de suministro. Durante la investigación para los estándares de procesos de la cadena de suministro del CSCMP, se hizo evidente la falta de datos de evaluación comparativa gratuitos y precisos entre sectores, disponibles para los profesionales de la cadena de suministro. El CSCMP, en un intento de cubrir esta carencia, pone a disposición de los profesionales de la cadena de suministro los datos mínimos sugeridos para la evaluación comparativa de procesos, extraídos de la segunda edición de los estándares de procesos de la cadena de suministro del CSCMP, versión 2.

- **ASCM Supply Chain Operations Reference Model SCOR Digital Standard**

Association for Supply Chain Management (ASCM) pertenece a *American Production and Inventory Control Society* (APICS).

El estándar digital de referencia de operaciones de la cadena de suministro (SCOR DS) es un modelo que proporciona una metodología y unas herramientas de diagnóstico y evaluación comparativa que ayudan a las organizaciones a realizar mejoras drásticas y rápidas en los procesos de la cadena de suministro. ASCM es el líder mundial en transformación organizativa de la cadena de suministro, innovación y liderazgo que desarrolla el talento de la cadena de suministro y eleva el rendimiento de la cadena de suministro de principio a fin. La norma digital SCOR forma parte del cuerpo de conocimientos de la ASCM que se utiliza para fomentar el avance de la gestión de la cadena de suministro de principio a fin.

Los procesos SCOR son los que una cadena de suministro debe ejecutar para cumplir su objetivo principal de satisfacer los pedidos de los clientes. Para cada proceso

único, SCOR sólo tiene una representación. SCOR reconoce 6 procesos principales -planificar, abastecerse, fabricar, entregar, devolver y habilitar- que se denominan procesos de nivel 1.

Caracterizando las posibles soluciones:

Producto de la identificación de los ámbitos de influencia en los dominios SCM en su relación con los *frameworks* estándar en SCM, se pueden identificar métricas e identificadores relevantes, los mismos que se pueden contrastar con los existentes en las operaciones de la organización objeto de estudio a adoptarse.

Dominios/ *Frameworks*	**CSCMP 2 /APQC 7.21 2020**	**ASCM Supply Chain Operations Reference Model SCOR Digital Standard**	**The Global Supply Chain Forum (GSCF) Lambert**
Riesgo	Riesgo Empresarial. Supervisar y coordinar actividades de riesgo empresarial. Gestión de la función riesgo. Gestión de la función riesgo.	Gestión del riesgo/ seguridad.	Gestión de demanda
Green	Gestión esfuerzos remediación. Evaluar ambiente externo. Identificar problemas ecológicos.	Logística reversa	CRM, SRM. Modelo *partnership*. Marco trabajo colab.
Transformación Digital	Desarrollar y gestionar relaciones cliente TI. Desarrollar y gestionar estrategia negocio TI. Desarrollar y gestionar resiliencia TI.	Información de gestión.	
Optimización	Establecer y mantener la gobernanza de gestión de procesos. Definir y gestionar los marcos de procesos. Definir procesos. Gestionar rendimiento de procesos. Mejorar procesos.	Mejora y análisis procesos de negocio.	Gestión flujo de fabricación. Cumplimiento de orden.
Sostenibilidad Resiliencia	Desarrollar estrategia. Continuidad operaciones. Riesgos específicos a otras áreas de organización.	SCM sostenible. Estándar de reporte sostenible (GRI).	Servicio al cliente. Desarrollo productos y comercialización.

Tabla 1 – Matriz Dominios vs *Frameworks* SCM (Elaboración propia).

5.3. Trayecto 3 – Diseño y desarrollo

Identificación de problemas relevantes en la gestión de la cadena de suministro en las unidades de negocio mediante el análisis de datos relevados y obtención de información de casos relevantes extraídos de la data de los sistemas TAS de las nueve 9 unidades de negocio (terminales). Diagnóstico mediante encuesta y revisión documentaria del proceso y en base a esta información elaborar artefactos que ayuden al monitoreo y

control, los cuales contemplen métricas e indicadores a monitorear en las operaciones para la toma de decisiones efectivas.

Entendiendo el problema:

Producto de la identificación de los ámbitos de influencia en los dominios SCM en su relación con los *frameworks* estándar en SCM, se pueden identificar métricas e identificadores relevantes, los mismos que se pueden contrastar con los existentes en las operaciones de la organización objeto de estudio a adoptarse.

Dominios/ *Frameworks*	**CSCMP 2 /APQC 7.21 2020**	
Riesgo	Riesgo Empresarial. Supervisar y coordinar actividades de riesgo empresarial. gestión de la función riesgo.	13 indicadores. Métricas operativas adicionales: Información suplementaria.
Green	Gestión esfuerzos remediación. Evaluar ambiente externo. Identificar problemas ecológicos.	1 Indicador Métricas operativas adicionales.
Colaboración	Construir relaciones con inversionistas. Gestionar las relaciones con el gobierno y la industria. Gestionar las relaciones con la junta directiva. Manejar asuntos legales y éticos. Administrar el programa de relaciones públicas.	15 indicadores. Rentabilidad. Tiempo del ciclo. Productividad del personal. Información suplementaria.
Transformación Digital	Desarrollar y gestionar relaciones cliente TI. Desarrollar y gestionar estrategia negocio TI. Desarrollar y gestionar resiliencia TI.	17 indicadores. Información suplementaria.
Optimización	Establecer y mantener gobernanza de gestión procesos. Definir y gestionar los marcos de procesos. Definir procesos. Gestionar rendimiento de procesos. Mejorar procesos.	
Sostenibilidad Resiliencia	Desarrollar estrategia. Continuidad operaciones. Riesgos específicos a otras áreas de organización.	17 indicadores. Rentabilidad. Tiempo de ciclo.

Tabla 2 – Matriz Dominios vs Framework CSCMP 2 /APQC (Elaboración propia).

Dominios/ *Frameworks*	**The Global Supply Chain Forum (GSCF) Lambert**	
Riesgo	Gestión de la Demanda.	11 categorías.
Green	Gestión de devoluciones.	12 categorías.
Colaboración	CRM. SRM. Sociedad Modelo. Marco de Trabajo de colaboración.	13 categorías. 12 categorías. *Toolkit*.

Dominios/ *Frameworks*	**The Global Supply Chain Forum (GSCF) Lambert**	
Optimización	Gestión del flujo de fabricación. Cumplimiento de la orden.	9 categorías. 12 categorías.
Sostenibilidad Resiliencia	Servicios al cliente. Desarrollo de producto y comercialización.	8 categorías. 14 categorías.

Tabla 3 – Matriz Dominios vs Framework GSCF (Elaboración propia).

Dominios/ *Frameworks*	**ASCM Supply Chain Operations Reference Model SCOR Digital Standard**	
Riesgo	Gestión de Riesgo/ Seguridad	3 niveles de Métricas; • Las métricas de nivel 1 son diagnósticos del estado general de la cadena de suministro. Estas métricas también se conocen como métricas estratégicas e indicadores clave de rendimiento (KPI). • Las métricas nivel 2 sirven como diagnóstico para las métricas de nivel 1. La relación de diagnóstico ayuda a identificar la causa raíz o causas de una brecha de rendimiento para una métrica de nivel 1. • Las métricas de nivel 3 sirven como diagnóstico para las métricas de nivel 2.
Green	Logística Reversa	El análisis del rendimiento de las métricas del nivel 1 al 3 se conoce como descomposición de métricas, diagnóstico de rendimiento o análisis de la causa raíz de las métricas. La descomposición de métricas es un primer paso para identificar los procesos que necesitan más investigación. (Los procesos están vinculados a métricas de nivel 1, nivel 2 y nivel 3).
Colaboración		5 atributos: Confiabilidad, respuesta, agilidad, costo y eficiencia gestión de activos.
Transformación Digital	Información de gestión	Categorías. Análisis y mejora de procesos de negocio Gestión de personas. Atención al cliente Planificación y previsión Gestión de distribución Gestión del ciclo de vida del producto Gestión de Información y Datos Compras y Adquisiciones Gestión de inventario Logística inversa Gestión de seguridad y riesgos de fabricación y producción Manejo de materiales Gestión sostenible de la cadena de suministro Introducción de nuevos productos Gestión del transporte Orden Ingeniería Almacenaje Gestión de pedidos.

Tabla 4 – Matriz Dominios vs Framework ASCM (Elaboración propia).

Dominio: Green	
Métricas operativas adicionales Información Suplementaria	Tasa de corrección de cuasi accidentes Porcentaje de crecimiento de los ingresos de su organización en los últimos tres años debido a adquisiciones

Tabla 5 – Métricas relacionadas al dominio Green (Elaboración propia).

Dominio: Riesgo	
Métricas operativas adicionales Información suplementaria	Muertes o lesiones graves debido a incidentes de integridad de activos. Repostaje seguro de aeronaves. Norma de Comunicación de Peligros (HazCom). Derrames de hidrocarburos en barriles. Disponibilidad rotativa de equipos/buques. Tiempo medio en meses entre fallos. Número de incidentes de integridad de activos. Pérdida debido a incidentes de integridad de activos. Evaluación de riesgos para la salud ocupacional (HRAs). Evaluación Integral de Salud Ambiental (CEHA). Lesiones/enfermedades de servicio restringido. Muertes en el trabajo. Porcentaje de asignación de FTE de la función de servicios legales dedicados al proceso "gestionar el programa de seguro de responsabilidad civil empresarial"

Tabla 6 – Métricas relacionadas al dominio Riesgo (Elaboración propia).

Dominio: Transformación Digital	
Información Suplementaria	Porcent. de costos operativos de TI dedicados a la gestión de proyectos de TI. Porcent. de costos operativos de TI dedicados a la gestión del conocimiento de TI. Porcent. de costos de TI asignados a soluciones o tecnologías cognitivas. Porcent. de costos de TI asignados a la nube. Porcent. de costes de TI asignados a la movilidad. Porcent. del costo de capital de TI asignado al hardware. Porcent. del costo de capital de TI asignado al software. Porcent. del costo de capital de TI asignado a costos que no sean hardware o software. Porcent. de costos operativos anuales totales de TI asignados a costos subcontratados. Porcent. de costos operativos de TI dedicados a la administración del negocio de TI. Porcent. costos operativos TI dedicados a desarrollar y administrar relaciones clientes TI. Porcent. costos operativos TI dedicados a desarrollar y administrar estrategia comercial TI. Porcent. de costos operativos de TI dedicados a administrar la resiliencia y el riesgo de TI. Porcent. de costos operativos de TI dedicados a administrar información empresarial. Porcent. de costos operativos de TI dedicados a desarrollar e integrar servicios/soluciones. Porcent. de costos operativos de TI dedicados a implementar servicios/soluciones. Porcent. de costos operativos de TI dedicados a dar soporte a servicios/soluciones.

Tabla 7 – Métricas relacionadas dominio Transformación Digital (Elaboración propia).

Dominio: Sostenibilidad Resiliencia	
Rentabilidad	Costo de los sistemas para realizar el grupo de procesos “administrar la resiliencia y el riesgo del negocio”, incluida la depreciación/amortización, por $100,000 de ingresos. Costo de personal para realizar el grupo de procesos “administrar la resiliencia y el riesgo del negocio”, incluida la depreciación/amortización, por $1,000 de ingresos. Costo general para realizar el grupo de procesos “administrar la resiliencia y el riesgo del negocio”, incluida la depreciación/amortización, por $100,000 de ingresos. Costo subcontratado para realizar el grupo de procesos “administrar la resiliencia y el riesgo del negocio”, incluida la depreciación/amortización, por $100,000 de ingresos. Otros costos para realizar el grupo de procesos “administrar la resiliencia y el riesgo del negocio”, incluida la depreciación/amortización, por $100,000 de ingresos, Costo total para realizar el proceso “administrar la resiliencia y el riesgo del negocio”, incluida la depreciación/amortización, por $1,000 de ingresos. Costo total para realizar el grupo de procesos “gestionar la resiliencia y el riesgo del negocio”, incluida la depreciación/amortización, por proceso FTE.
Tiempo de ciclo	Tiempo en semanas para completar proyectos que aborden una exposición u oportunidad comercial identificada (menos del 20 por ciento de los ingresos anuales totales). Tiempo en semanas para completar proyectos que aborden una exposición u oportunidad comercial identificada (entre el 20 y el 40 por ciento de los ingresos anuales totales). Tiempo en semanas para completar proyectos que aborden una exposición u oportunidad comercial identificada (entre el 40 y el 60 por ciento de los ingresos anuales totales). Tiempo en semanas para completar proyectos que aborden una exposición u oportunidad comercial identificada (entre el 60 y el 80 por ciento de los ingresos anuales totales). Tiempo en semanas para completar proyectos que aborden una exposición u oportunidad comercial identificada (más del 80 por ciento de los ingresos anuales totales).
Eficiencia del proceso	Nivel de experiencia FTE en años para el grupo de proceso “administrar la resiliencia y el riesgo del negocio”. Número de FTE de TI que realizan el grupo de procesos “gestionar la resiliencia y el riesgo del negocio” por ingresos de mil millones de dólares.
Información suplementaria	Porcentaje del presupuesto de TI, incluida la depreciación/amortización, asignado al grupo de procesos “gestionar la resiliencia y el riesgo del negocio”. Porcentaje de FTE de TI de entidad empresarial que realizan el grupo de procesos “gestionar la resiliencia empresarial”.

Tabla 8 – Métricas relacionadas dominio Sostenibilidad/Resiliencia (Elab.propia).

Caracterizando las posibles soluciones:

Diseño y desarrollo de artefactos en relación con los procesos, recursos y métricas mediante las siguientes actividades:

- Revisión documentaria de formatos.
- Revisión de los requisitos de los marcos de trabajo (*frameworks*).
- Revisión de estándares de procesos en SCM.

Los artefactos diseñados y desarrollados fueron tableros de control (*dashboards*), en los cuales se monitoreaban las variables críticas de la operación mediante métricas e indicadores.

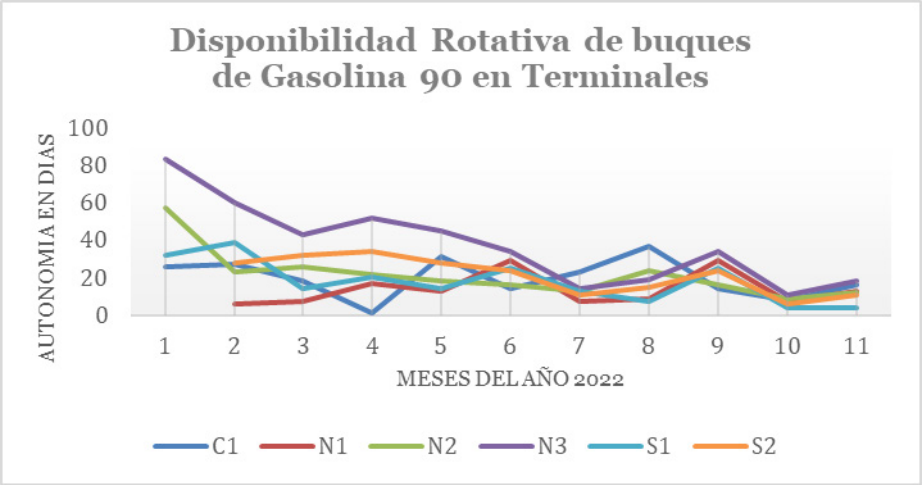


Gráfico 1 – Disponibilidad rotativa buques gasolina de 90 en terminales (Elab.propia).

6.1. Presentación del artefacto

6.1.1. Los artefactos

Trayecto 1.- Se diseñaron y desarrollaron protocolos de búsqueda y *framework* para la gestión de la información de casos relevantes, utilizando para el efecto herramientas de investigación académica como VOSviewer, basado en java y Wizdom, basado en inteligencia artificial.

Trayecto 2.- Se desarrollaron las matrices de caracterización: matriz de dominios de la cadena de suministros vs. *frameworks* de gestión de cadena de suministro, matrices de métricas por dominio de cadena de suministro.

Trayecto 3.- Se diseñaron y desarrollaron *dashboards* de gestión operativa de los terminales, utilizando el *framework* Dash de Python, que está basado principalmente en Flask, Plotly y ReactJS, permitiendo que los mismos se renderizen en el navegador, que sean multiplataforma y estén preparados para móviles.

6.1.2. Evaluación del artefacto

Las evaluaciones en un proyecto de RAD (Desarrollo rápido de aplicaciones), persiguen tres objetivos principales: (1) comprobar si los efectos previstos de los principios de diseño se hacen realidad, (2) evaluar si es necesario realizar ciclos adicionales, y (3) evaluar el artefacto en un entorno real considerando el entorno de una organización

en lugar de situaciones sintéticas Por lo tanto, en el primer ciclo de la RAD, evaluamos el diseño conceptual del artefacto para obtener los primeros conocimientos sobre las consecuencias previstas para evitar los gastos que consumen recursos.

Adicionalmente, se realizaron entrevistas y sesiones colaborativas a las partes interesadas, para la retroalimentación sobre los artefactos desarrollados usando los criterios del modelo de evaluación DSR descritos a continuación:

6.1.2.1. Evaluación 1: Para la evaluación de la identificación del problema se usaron como criterios

a. Importancia.- Considera aspectos relevantes para el negocio (dimensión táctica y estratégica), como se evidencia en el artefacto desarrollado en el trayecto 1 (mapa de tópicos relevantes de la cadena de suministro).
b. Novedad.- Aplicación de nuevo paradigma de investigación en cadena de suministro de distribución de combustibles líquidos.
c. Viabilidad.- Se contempla el uso de herramientas tecnológicas no muy complejas y accesibles, metodología entendible, cuenta con el interés de los interesados claves del negocio (herramienta de investigación académica VOSviewer (java) y wizdom.ai basado en inteligencia artificial).

6.1.2.2. Evaluación 2: Para la evaluación del diseño de la solución; se incluyeron los criterios de:

a. Simplicidad.- Cumple con los criterios de simplicidad, la terminología está acorde con los marcos de trabajo operativos, como se evidencia en el desarrollo de los artefactos de los trayectos 2 y 3 (matriz de dominios SCM vs *frameworks* de gestión SCM, matriz dominio vs *frameworks* - Métricas).
b. Claridad.- El usuario identifica las métricas de cada unidad de negocio, facilitando el uso por diferentes agentes de la cadena de suministro, como se evidencia en el desarrollo de artefactos en el trayecto 3 (Tabla de métricas por dominio SCM).
c. Consistencia.- Se evidencia que los marcos operativos están alineados al uso de las mejores prácticas y marcos de trabajo estándar de la cadena de suministro, como se evidencia en el desarrollo de los artefactos del trayecto 2 (matriz de dominios SCM vs *frameworks* de gestión SCM).

6.1.2.3 Evaluación 3: Evaluación de la instanciación de la solución; los criterios incluyen:

a. Facilidad de uso .- La interfaz de usuario es intuitiva y amigable, adaptativa a los dispositivos, como se evidencia en los instrumentos desarrollados en el trayecto 3 (*dashboards*).
b. Robustez.- La solución está basada en uno de los lenguajes más usados por los programadores a nivel mundial (Python), arquitectura abierta, *open source*, soportan diversas fuentes de datos (hojas de cálculo, archivo de texto, BD relacionales, etc.), tiene soporte amplio.

6.2. Aprendizajes clave

- Descubrir, identificar y aplicar las nuevas prácticas del DSR en investigación en la cadena de suministro.
- Mejoras durante el desarrollo en el diseño de artefactos como parte de la mejora continua en la gestión de la cadena de suministro.
- Uso de estándares internacionales en indicadores permite el benchmarking, uso homogéneo entre los agentes de una cadena.
- Uso de conjunto de indicadores o métricas para evaluar un proceso (magnitud, eficiencia, contexto).

7. Agradecimientos

Se agradece a la Universidad Tecnológica del Perú (UTP) por el apoyo económico brindado a los autores.

Referencias

APQC (2022) *Cross Industry Process Classification Framework* version 7.3.0

APICS (2017) *Quick Reference Guide SCOR (Supply Chain Operations Reference)* version 12.0.

Craighead, C. W., Ketchen Jr, D. J., & Darby, J. L. (2019). *Taking AIM at theoretical and pragmatic impact: A call for actionable, insightful, and measurable research. Journal of Business Logistics, 40*(4), 289-298.

CSCMP (2014) *Supply Chain Management Process Standards*, Second Edition Pearson ISBN: 9780134136936

Diniz, E. H., Yamaguchi, J. A., dos Santos, T. R., de Carvalho, A. P., Alego, A. S., & Carvalho, M. (2021). *Greening inventories: Blockchain to improve the GHG protocol program in scope 2. Journal of Cleaner Production*, 291, 125900.

Dresch, A., Lacerda, D.P., & Antunes, J.A. (2014). *Design Science Research: A Method for Science and Technology Advancement*, 637-648. Springer International Publishing

Górtowski, S., & Lewańska, E. (2019). *Incremental modeling of supply chain to improve performance measures. International Conference on Business Information Systems,* 637-648

Informa PLC. (2022). *Wizdom.ai. - Intelligence for everyone*. Recuperado octubre 2022, disponible en https://www.wizdom.ai/

Lambert D. (2014) *Supply Chain Management: Processes, Partnerships, Performance 4ta edición*. Supply Chain Management Institute. ISBN: 978-0975994993

Orduna-Malea, E., & Costas, R. (2021*). Link-based approach to study scientific software usage: the case of VOSviewer. Scientometrics*, *126*(9), 8153-8186.

Rupinder Katoch, (2022) *IoT research in supply chain management and logistics: A bibliometric analysis using VOSviewer software. Materials Today: Proceedings, 56*(5), 2505-2015. ISSN 2214-7853, https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.08.272.

Saghaei, M., Dehghanimadvar, M., Soleimani, H., & Ahmadi, M. H. (2020). *Optimization and analysis of a bioelectricity generation supply chain under routine and disruptive uncertainty and carbon mitigation policies. Energy Science & Engineering*, *8*(8), 2976-2999.

Su, S. L. I., Fan, X., & Shou, Y. (2020). *A design science-based case study of retail chain delivery operations and its implications. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 51*(3), 212-235.

Van Eck, N. J.; Waltman, L. (2010) *VOSviewer: Visualizing Scientific Landscapes*. Version 1.6.18 Disponible en https://www.vosviewer.com

Vom Brocke, J., Hevner, A., Maedche, A. (2020). *Introduction to Design Science Research. Design Science Research. Cases.* 1-13. https://doi.org/10.1007/978-3-030-46781-4_1

Zinn, W., & Goldsby, T. J. (2020). *Global supply chains: globalization research in a changing world. Journal of Business Logistics*, *41*(1), 4.

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

Recebido/Submission: 05/10/2022
Aceitação/Acceptance: 02/12/2022

Sistemas para Localização de Especialistas: desafios e oportunidades para o desenvolvimento de ecossistemas de inovação

Alfredo Cesar dos Anjos[1], Denilson Sell[2], Luiz Márcio Spinosa[3], Ramiro Wahrhaftig[4], Gérson Luiz Koch[5], Neri dos Santos[6], Roberto Carlos dos Santos Pacheco[7]

alfredo@stela.org.br; denilson@stela.org,br; spinosa@fundacaoaraucaria.org.br.; ramiro.wahrhaftig@gmail.com; gerson_koch@fundacaoaraucaria.org.br; neri@stela.org.br, pacheco@stela.org.br

[1] Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Instituto Stela, Rua Airton Roberto de Oliveira, 32, 7. andar, 88034-050, Florianópolis, Brasil

[2] Universidade do Estado de Santa Catarina, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Instituto Stela, Rua Airton Roberto de Oliveira, 32, 7. andar, 88034-050, Florianópolis, Brasil

[3] Fundação Araucária, Av. Com. Franco, 1341 - Jardim Botânico, 82590-300, Curitiba, Brasil

[4] Fundação Araucária, Av. Com. Franco, 1341 - Jardim Botânico, 82590-300, Curitiba, Brasil

[5] Fundação Araucária, Av. Com. Franco, 1341 - Jardim Botânico, 82590-300, Curitiba, Brasil

[6] Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Instituto Stela, Rua Airton Roberto de Oliveira, 32, 7. andar, 88034-050, Florianópolis, Brasil

[7] Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Instituto Stela, Rua Airton Roberto de Oliveira, 32, 7. andar, 88034-050, Florianópolis, Brasil

Pages: 311-326

Resumo: Os sistemas para localização de especialistas são destacados pela literatura como uma das principais apostas em programas de gestão do conhecimento corporativos. Verifica-se, no entanto, que a implementação destes sistemas é permeada de desafios. Esta pesquisa apresenta os resultados de uma revisão integrativa de literatura envolvendo os principais desafios na implementação destes sistemas. Os achados na literatura evidenciam problemas envolvendo a construção, manutenção e atualização de perfis, a representação do conhecimento, a avaliação dos sistemas e a acreditação dos dados. O presente trabalho explora o potencial destes sistemas para o desenvolvimento de políticas públicas e descreve como os desafios identificados na literatura foram tratados em uma aplicação inédita no desenvolvimento de ecossistemas de inovação, inaugurando uma nova perspectiva de aplicação para este tipo de sistema.

Palavras-chave: Sistemas para Localização de Especialistas; Ecossistemas de Inovação; Expertise; Engenharia e Gestão do Conhecimento; iAraucária.

Systems for Localization of Specialists: challenges and opportunities for the development of innovation ecosystems

Abstract: Expertise Locator Systems are highlighted by the literature as one of the main bets in corporate knowledge management programs. It appears, however, that the implementation of these systems is permeated with challenges. This research presents the results of an integrative literature review involving the main challenges in the implementation of these systems. The findings in the literature show issues involving the construction, maintenance and updating of profiles, the representation of knowledge, the evaluation of systems and the accreditation of data. The present work explores the potential of these systems for the development of public policies and describes how the challenges identified in the literature were addressed in an unprecedented application in the development of innovation ecosystems, opening a new perspective of application for this type of system.

Keywords: Expertise Locator Systems; Innovation Ecosystems; Expertise; Knowledge Management; iAraucária.

1. Introdução

A transformação digital pode ser caracterizada como a aplicação de tecnologias digitais para a promoção da disrupção dos fluxos de produção de valor (Vial,2019). A transformação digital é um fenômeno que ocorre em diferentes segmentos econômicos e dentre os desafios para a sua consecução encontra-se a dificuldade no alinhamento das competências individuais à transição do modelo de negócios e às iniciativas de digitalização (Herling & Provo, 2000; Kitsios & Kamariotou, 2021).

No contexto governamental, além dos desafios relacionados à gestão das competências internas, encontram-se desafios relacionados à identificação do potencial do capital humano no território, com vistas a orientar a análise das prioridades para políticas públicas ligadas à educação, inovação, entre outras. Este é notadamente um dos desafios das Fundações de Amparo à Pesquisa (FAPs). No Brasil, as 26 FAPs são fundamentais para o desenvolvimento local em conjunto com o sistema nacional de ciência, tecnologia e inovação. O grande desafio das FAPs na sociedade contemporânea é encontrar modos inovadores para financiar pesquisas, desenvolvimento de tecnologia e inovação.

Com vistas a viabilizar um novo modelo de potencialização do ecossistema de inovação do Estado do Paraná - Brasil, a Fundação Araucária está estabelecendo os Novos Arranjos de Pesquisa e Inovação (NAPIs). Os NAPIs agregam os elementos do modelo de coprodução de bens comuns (Hess e Ostrom, 2007) para apoiar ações coletivas que envolvem a promoção da inovação e modernização naquele estado. Um NAPI é compreendido como um arranjo de agentes com metas definidas e visão compartilhada, com o objetivo de desenvolver uma solução coletiva inovadora por meio da coprodução. Neste contexto, identificar a expertise disponível para a formação dos arranjos torna-se aspecto crítico para os NAPIs.

De acordo com Di Vaio et al., (2020), os sistemas de gestão de conhecimento podem contribuir para a transformação dos fluxos de produção de valor nas organizações ou possibilitar uma nova maneira de enxergar o território e orientar políticas públicas mais assertivas, pois viabilizam a coordenação de fatores humanos, organizacionais e tecnológicos no processo de criação de valor por meio de diferentes processos de conhecimento. A Gestão do Conhecimento (GC) visa estabelecer a direção para atender as necessidades de conhecimento das organizações, sistematizando processos de

criação, compartilhamento, estruturação, disseminação e utilização do conhecimento. Complementarmente, a engenharia do conhecimento estabelece métodos e técnicas para a modelagem do conhecimento e no projeto de sistemas de conhecimento (Kendal & Creen, 2006).

Dada a importância do conhecimento e a sua visão como um recurso-chave para a viabilização da estratégia organizacional e da transformação digital, a GC torna-se elemento crítico para o enfrentamento de novos desafios e oportunidades, como a identificação contínua dos gaps de competências para a transformação do negócio e a localização de indivíduos de alto potencial para as organizações (Wang et al., 2020). Segundo a APO (YOUNG, 2020) e a APQC (2015), os Expertise Locator Systems (ELS) – ou Sistemas para Localização de Especialistas - têm sido um dos principais instrumentos empregados em programas de gestão do conhecimento.

A presente pesquisa tem por objetivo identificar os principais desafios no desenvolvimento de ELS. Para tal, apresenta-se uma revisão integrativa da literatura para identificar os principais desafios no desenvolvimento ELS. Tais desafios foram a base para a formulação de princípios de design e demonstrados no ELS projetado para apoiar o mapeamento e o engajamento dos atores do ecossistema de inovação no Paraná e para a viabilização de uma estratégia inovadora de desenvolvimento do ecossistema adotada pela Fundação Araucária.

2. Sistemas para Localização de Especialistas

Em ambientes desafiadores e de constantes mudanças, como no universo de atuação das FAPs, a gestão do conhecimento torna-se fundamental para auxiliar na criação, compartilhamento e preservação dos recursos intangíveis necessários para a consecução da missão, visão e objetivos estratégicos das organizações (APQC, 2015; YOUNG, 2020).

O conhecimento presente nas organizações é armazenado nas mentes dos indivíduos, em documentos, em processos, em sistemas e, em serviços (Becerra-Fernandez & Sabherwal, 2014). O conhecimento é um importante fator de produção nas organizações, onde indivíduos capacitados resolvem problemas em atividades utilizando de fontes de informação e conhecimento (YOUNG, 2020). Neste contexto, os ELS tem recebido destaque na literatura, em virtude de sua contribuição na identificação e localização de especialistas que possuem conhecimento e experiência necessários às outras pessoas (APQC, 2015; BALOG et al., 2012; YOUNG, 2020).

Para Ehrlich e Shami (2008) os ELS buscam apoiar a localização da expertise para: (i) que os indivíduos localizados realizem determinadas funções organizacionais; (b) que estes sejam fontes de informação no sentido de ocorrer uma simples transferência de conhecimento; (c) que os mesmos sejam fontes de informação, no sentido de haver um compartilhamento de conhecimento; (d) que os indivíduos localizados desenvolvam conhecimento em um determinado assunto; (e) que os indivíduos localizados sejam informados a cerca de uma informação de valor.

Segundo Herling (2000) a psicologia cognitiva aborda a expertise em indivíduos/pessoas e a engenharia do conhecimento aborda a expertise em agentes não humanos. Ambas as disciplinas entendem que expertise é um estado dinâmico, específica a um domínio

e possui três componentes: conhecimento, experiência e capacidade de resolução de problemas. Segundo o autor, a expertise pode ser definida como o nível de excelência no qual um indivíduo é capaz e/ou espera-se que realize uma atividade em um domínio específico.

De acordo com Balog et al. (2012), a construção de ELS ocorreu a partir da década de 1960 motivada pela dificuldade em encontrar a expertise para resolver um problema já resolvido anteriormente. Nesse contexto, a ELS envolve ferramentas que permitem compartilhar o conhecimento existente, conectando pessoas que precisam de determinados conhecimentos às pessoas que possuem esses conhecimentos (YOUNG, 2020). ELS também auxilia o processo de formação de novas equipes de projetos, agregando os conhecimentos necessários. Essa ferramenta pode ser materializada em páginas amarelas eletrônicas ou sistemas de apoio à localização e conexão de pessoas (BALOG et al., 2012; YOUNG, 2020).

Apesar da importância dos ELS, a literatura destaca diversos desafios para a sua viabilização. A presente pesquisa busca identificar tais desafios com vista a direcionar a criação de uma solução para apoiar o desenvolvimento do ecossistema de inovação do Estado do Paraná, Brasil.

3. O fomento aos ecossistemas de inovação e a demanda por ELS

As Fundações de Amparo à Pesquisa (FAPs) brasileiras buscam promover transformações na estrutura produtiva regionais por meio de uma agenda que inclui a formação de pesquisadores e o fomento e a disseminação da pesquisa e da inovação. De acordo com Da Silva, Howells e Meyer (2018), as políticas regionais de inovação são importantes tanto para as políticas locais quanto nacionais, pois estimulam o alinhamento entre inovação, crescimento e produção de valor, reconhecendo disparidades entre recursos, cultura e atividades inovadoras nas diferentes regiões (Shearmur, Carrincazeaux, Doloreux, 2016). As FAPs desempenham este papel por meio de mecanismos e instrumentos de contratação e no planejamento e promoção de capital relacional regionalmente.

A Fundação Araucária é a FAP responsável pelo estímulo ao desenvolvimento do sistema de ciência e tecnologia do Estado do Paraná, Brasil. As ações da fundação são operacionalizadas por meio de chamadas públicas para projetos. O fluxo de financiamento é baseado na identificação de demandas da sociedade e do governo local. Uma vez identificada a demanda, a Fundação publica uma chamada pública na qual candidatos, até então individualmente, apresentam suas propostas de projetos de pesquisa para obter financiamento. Neste contexto, a Fundação Araucária identificou dois desafios para transformar esse tipo de operação. A primeira está relacionada à dificuldade em compreender o potencial de produção de ciência e tecnologia no estado, considerando um universo de mais de 20 mil doutores lotados no território. A segunda questão está relacionada à complexidade dos ecossistemas regionais de inovação e à sua diversidade de atores. Ambos os desafios corroboram os achados de Audretsch e Link (2019) e Hoffecker (2019).

Turnhout et al. (2020), em sua revisão, encontraram vários casos em que tentativas de inovar a relação entre ciência e política e coprodução foram frustradas porque o contexto político existente favorecia o papel tradicional da ciência. A maneira de evitar

isso é quando os processos de coprodução podem ser organizados como parte de uma agenda política mais ampla, favorecendo a aproximação dos atores do ecossistema e promovendo a inovação (Turnhout et al., 2020; López-Arellano, Romero-Rubio, Morales-Ávila, 2022). Nessa perspectiva, a Fundação Araucária está implementando um novo modelo de fomento, baseado no processo de coprodução, na teoria dos bens comuns e nos novos serviços públicos, associados às plataformas digitais. Neste sentido, mapear a expertise do território torna-se crítico para orientar uma visão de fomento orientada à consolidação de redes.

4. Procedimentos Metodológicos

Com vistas a identificar os principais desafios para o projeto de ELS e criar princípio de design que para orientar o desenvolvimento de uma plataforma digital que possibilite a consecução da nova visão de fomento da pesquisa e inovação na Fundação Araucária, foi realizada inicialmente uma revisão integrativa de literatura. De acordo com Whittemore e Knafl (2005) a revisão integrativa permite sumarizar a literatura teórica e empírica sobre um fenômeno ou problema, apresentar o estado da arte sobre determinado tema, apoiar o desenvolvimento de teorias e aplicações do conhecimento. Desse modo, a condução da revisão integrativa de literatura é fundamentada no método proposto por Botelho et al. (2011), cujas seis etapas foram assim desenvolvidas nesta pesquisa:

- **Identificação do Tema e Seleção da Questão de Pesquisa**: a estratégia de pesquisa estabelecida é apresentada no Quadro 1.
- **Estabelecimento de Critérios de Inclusão e Exclusão**: os seguintes critérios de inclusão (CI) e de exclusão (CE) foram utilizados:

1. CI1: Deve tratar sobre características de ELS;
2. CI2: Deve tratar sobre abordagens no desenvolvimento de ELS;
3. CI3: Deve tratar sobre modelos para o desenvolvimento de ELS.
4. CE1: Deve abordar questões técnicas ou específicas que não são generalizáveis ou aborda o tema de pesquisa de forma secundária.

- **Identificação dos Estudos Pré-Selecionados e Selecionados**: Foram localizadas 122 publicações, sendo pré-selecionadas 21 publicações, e após leitura criteriosa resultou em 14 publicações selecionadas. As publicações pré-selecionadas foram avaliadas a partir dos critérios de inclusão e exclusão estabelecidos e o resultado é apresentado no Quadro 2.
- **Categorização dos Estudos Selecionados**: Os resultados da categorização são apresentados no Quadro 3
- **Análise e Interpretação dos Resultados e Apresentação da Revisão ou Síntese do Conhecimento**: Os resultados destas etapas são apresentados na próxima seção.

Planejamento	Execução
Tema de pesquisa	Identificar os principais problemas no desenvolvimento de sistemas de localização de indivíduos no contexto organizacional.
Questão de pesquisa	Quais os principais problemas no desenvolvimento dos sistemas de localização de especialistas e em qual contexto eles ocorrem?

Planejamento	Execução
Palavras-chave	(“EXPERT* LOCATO*” OR “EXPERT* SEEK” OR “EXPERT* FINDER” OR “EXPERT* LOCATOR SYSTEM” OR “EXPERT* RECOMMENDER” OR “EXPERT* SEARCH*” OR “EXPERTISE SOFTWARE”).
Bases de dados	Scopus acessada através do portal de periódicos da Capes.
Estratégia de busca	(a) palavras-chave aplicadas aos campos título, resumo e palavras-chaves de cada publicação presente na base de dados alvo; (b) período de 2013 a 2022; (c) idiomas português, inglês ou espanhol; (d) serão lidos os campos título, resumo e palavras-chaves de cada publicação retornada na consulta; (e) disponíveis para download.
Data da busca	1 de agosto de 2022.

Quadro 1 – Estratégia estabelecida para a revisão sistemática

#	Título, autores e ano da publicação	CI1	CI2	CI3	CE1
P1	Comparison of the results of an authorship-based expert recommender against data from a directory of experts. Kraß e Försterling (2013).		X		
P2	CSSeer: an Expert Recommendation System based on CiteSeerX. CHEN et al. (2013).				X
P3	FINDING AN EXPERT: A MODEL RECOMMENDATION SYSTEM. Sun et al. (2013).	X			
P4	I Need Someone to Help! A Taxonomy of Helper-Finding Activities in the Enterprise. Yarosh et al. (2013).			X	
P5	Mining Expertise and Interests from Social Media. Guy et al. (2013).	X			
P6	Defining dimensions in expertise recommender systems for enhancing open collaborative innovation. Nguyen et al. (2014).	X			
P7	Project team selection based on social networks. Fitsilis et al. (2014).		X	X	
P8	Shaping an Experts Locator System: Recommending the Right Expert. Alhosan et al. (2014).	X			
P9	Breaking the Recursivity: Towards a Model to Analyse Expert Finders. Vergne e Susi (2015).	X			
P10	Expertise Search System: Profile Extraction and Analysis of Doctor’s Community. Kaveri et el. (2015).				X
P11	InsERT: the Inspirational Expert Recommender Tool. Nguyen et al. (2015).		X		
P12	Software Project Team Selection Based on Enterprise Social Networks. Fitsilis et al. (2015).	X		X	
P13	Expertise in Social Networks: How Do Experts Differ From Other Users? Horne et al. (2016).				X
P14	How do Users Handle Inconsistent Information? The Effect of Search Expertise. Umemoto et al. (2016).				X

#	Título, autores e ano da publicação	CI1	CI2	CI3	CE1
P15	Expert Location Tool for Global Software Development Environments based on Knowledge Profile Management. Córdova-Moras et al. (2017).			X	
P16	An Expertise Recommender System Based on Data from an Institutional Repository (DiVA). Angelova et al. (2018).		X		
P17	Supporting Expertise Location in Coding Phase of Software Development Process. Martínez et al. (2018).				X
P18	Characteristics of Expertise Locator System in Academia: A Systematic Literature Review. Rampisela et al. (2020a).	X			
P19	Expert Locator System for Finding Co-authors Using Snowball Network Method: A Case Study of Fasilkom UI Lecturers. Rampisela et al. (2020b)		X		
P20	Ontology for knowledge condensation to support expertise location in the code phase during software development process. Martínez-García et al. (2020).				X
P21	Web Application Development for Expertise Search and Research Collaboration of Chiang Mai University's Researchers Using Text Mining. Paphawasit et al. (2020).				X

Quadro 2 – Publicações pré-selecionadas para revisão em relação aos critérios

Com base na revisão da literatura, um ELS foi estabelecido para viabilizar a localização e engajamento de especialistas em projetos de inovação. O projeto do ELS foi realizado com base nas etapas da Design Science Research (DSR) conforme Peffers et al. (2008), envolvendo: (1) identificação do problema e motivação; (2) definição dos objetivos da solução; (3) projeto e desenvolvimento; (4) demonstração; (5) avaliação; e (6) comunicação.

Seguindo as diretrizes da DSR, as etapas 1 e 2 abordam a identificação das necessidades e os objetivos da solução. Para tanto, foram utilizados os resultados da revisão integrativa e aplicadas técnicas de modelagem de contexto organizacional seguindo a metodologia CommonKADS (SCHREIBER et al., 1999). Tais etapas compreenderam o levantamento de necessidades e oportunidades para implementar um sistema de fomento orientado a redes, envolvendo a identificação e engajamento dos atores do território em torno das temáticas estratégicas para o desenvolvimento do Estado do Paraná, conforme o plano de governo. Gestores da Fundação Araucária, bem como representantes de universidades, empresas e órgãos do governo participaram da pesquisa, que coletou informações para o desenho dos primeiros arranjos de pesquisa e inovação e para a conformação das temáticas prioritárias para a localização de expertise. Como resultado, foram estabelecidos os objetivos da plataforma digital que instrumentaliza a localização da expertise, denominada Plataforma iAraucária e seus princípios de design.

A terceira etapa compreendeu diferentes trilhas de pesquisa. No que diz respeito à construção da ontologia (Fan, Wang e Zheng, 2016) utilizada para organizar as informações da plataforma, foram seguidos os passos da Ontology Development 101 (NOY; MCGUINNESS, 2001). A ontologia resultante do processo foi representada

por meio de um modelo SKOS[1]. As funcionalidades da Plataforma iAraucária foram projetadas para possibilitar a integração de dados sobre especialistas, grupos de pesquisa, instituições de pesquisa e inovação e sobre a produção científica e tecnológica a partir de diferentes fontes de dados. Foram construídos módulos para a complementação dos dados, para a formação de grupos colaborativos e para a realização de buscas de atores e ativos, além da criação de indicadores para apoio às ações de fomento. Diferentes saídas analíticas foram estabelecidas pelos sistemas de estrutura para demonstrar e avaliar a estrutura, de acordo com as etapas 4 e 5 da DSR.

Finalmente, a etapa 6 trata da produção bibliográfica e das ações de transferência de conhecimento para as organizações envolvidas no projeto. As próximas seções descrevem os resultados da revisão integrativa, os módulos da Plataforma iAraucária e os resultados da aplicação da plataforma.

5. Resultados da Revisão Integrativa

A presente revisão de literatura objetivou identificar os principais desafios no desenvolvimento de sistemas de localização de especialistas, sendo os resultados sumarizados no Quadro 3.

Para Yarosh et al. (2013) existem poucos estudos sobre ELS envolvendo o contexto de grandes organizações. Foi proposto o conceito de helper-finder, que na visão dos autores é um conceito mais amplo que os sistemas de localização de especialistas com vistas a facilitar a colaboração entre os indivíduos. Foram elencados os seguintes vários fatores sociotécnicos como desafios: indivíduos localizados para auxiliar em tarefas que requerem longas interações; auxiliar em determinados tópicos (domínios de conhecimento); e dificuldade na seleção de critérios de localização. Em resposta a esses problemas foi proposta uma taxonomia de ambientes corporativos, onde são representados os conceitos de tarefas, tópicos de interesse e critérios de seleção, o que permite servir de estrutura conceitual para os sistemas de localização de especialistas no contexto organizacional.

Na visão de Sun et al. (2013) devido ao grande volume de informações disponíveis e o avanço das tecnologias, surgem novos desafios para a localização de especialistas, como o de recomendação de especialistas no contexto científico e acadêmico. Os autores conceituam que as principais abordagens nesta área de pesquisa são baseadas em técnicas de recuperação de informação e em grafos, envolvendo consultas sobre perfis, cujas informações são provenientes de várias fontes, como publicações, redes sociais, fóruns e outras. Estes autores apontam como direção futura a adoção de ontologias para o aprimoramento da experiência de busca.

Kraß e Försterling (2013) propuseram a recomendação de especialistas no contexto organizacional agregando várias fontes de informação e apresentando os especialistas na forma de lista de tópicos classificados por sua expertise. Para os autores, o principal desafio dos ELS são as questões legais do uso de informação e a dependência do engajamento dos usuários no registro de suas próprias informações. Segundo os

[1] https://www.w3.org/2004/02/skos/

autores, o registro manual das informações consome tempo e pode incorrer em viés no preenchimento das informações, remetendo a questões de qualidade da informação. Também é argumentado que algoritmos de recomendação devem ser claros em suas ações, e que existe uma dificuldade na avaliação de sistemas de localização de especialistas. Os autores apresentam uma abordagem voltada a recomendação com base na autoria de documentos no contexto organizacional, a fim de que seja um indicativo de expertise. Tal abordagem foi comparada, frente aos resultados providos por um diretório de pessoas, já existente na organização alvo do estudo.

Guy et al. (2013) apontam que as mídias sociais abrem novas oportunidades para as organizações de modo a facilitar a localização de especialistas. Os autores apontam como problemas a atividade de preenchimento e manutenção de perfis de especialistas e a inferência sobre fontes de informação, que podem ser sistemas de recursos humanos, redes sociais, e-mails e outros. Na visão desses autores, trabalhar com dados provenientes de fontes diversas não é trivial, pois envolve vários formatos. Os autores sugerem recursos como, acreditação da expertise de indivíduos e a geração de marcadores de perfis com base em informações provenientes das fontes diversas.

Alhosan et al. (2014) conceitualizam sob a perspectiva da gestão do conhecimento o importante papel dos ELS introduzindo o termo seeker – indivíduo que realiza a busca por expertise, e o especialista que é o indivíduo que detém a expertise. Para os autores, os ELS catalogam informações de várias fontes, o que inclui informações provenientes de sistemas de recursos humanos e outros. Os autores elencam características deste tipo de sistema, a saber: a) propósito – uso na organização, por exemplo formação de equipes; b) acessibilidade – disponível para uma organização ou outras organizações; c) autoavaliação: usuários muitas vezes informam suas informações pelas suas próprias percepções; d) taxonomia: meio de representar o conhecimento; e) níveis de competência: como determinar o nível de competência de um indivíduo – proficiência; e f) comunicação: como se dá a comunicação entre seeker e o especialista. Esses autores propõem um ranqueamento, no qual são considerados fatores como experiência, tempo de experiência e número de e-mails respondidos. Como trabalhos futuros foi sugerida a adoção de recomendações de outros usuários, como forma de acreditação.

Segundo Nguyen et al. (2014) os ELS são uma alternativa para as organizações aos tradicionais departamentos de pesquisa e desenvolvimento, de modo a possibilitar o engajamento da expertise na geração de inovações e resolver problemas. A realização de buscas por indivíduos de forma a atender as necessidades das organizações é apresentada como um desafio, assim como sugerida a recomendação de especialistas considerando a transferência de conhecimento e não apenas a recomendação com base no nível de expertise do indivíduo.

Fitsilis et al. (2014) descreve um sistema de localização de especialistas, no qual são apresentados recursos ontológicos. Fitsilis et al. (2015) investigam a formação de equipes no contexto de equipes de desenvolvimento de software e apresentam uma abordagem voltada ao reuso de recursos ontológicos para apoiar o mapeamento de habilidades, conhecimentos e outros atributos dos indivíduos, sob a perspectiva da gestão de recursos humanos. Tal estudo apresenta desafios, como conceitualizar de forma pragmática o que é expertise e como evidenciá-la a partir de documentos.

Na visão de Vergne e Susi (2015) a localização de especialistas visa recomendar indivíduos com mais conhecimento, experiência, habilidades e outros aspectos em uma comunidade ou em um domínio. Contudo sugerem a avaliação como um desafio, de tal modo é apresentado um modelo conceitual relacionado a esta atividade, onde são considerados elementos como a acreditação dos dados.

Conforme Nguyen et al. (2015) são necessárias soluções voltadas às organizações de nível global, face à distribuição geográfica, variações de níveis de conhecimento em determinados tópicos e constantes mudanças. Como desafios, são apontados: a) as técnicas de recuperação de informação são fortemente vinculadas a tópicos; b) ter foco no conteúdo e não no contexto, e; c) não considerar mecanismos de acreditação sobre as informações consultadas. Outro problema recorrente é a construção de perfis dos usuários em que os usuários manualmente informam suas informações as quais ficam desatualizadas. Por fim, a mensuração de expertise é um desafio em aberto. Frente a tais problemas os autores propuseram uma forma de ranqueamento de especialistas utilizando técnicas linguísticas e de lógica difusa.

De acordo com Córdova-Moras et al. (2017) o desenvolvimento de ferramentas de localização de especialistas é uma área de pesquisa proeminente, sendo de importância no contexto da indústria e da academia. Para organizações dispersas geograficamente, que lidam com problemas de colaboração entre os indivíduos e nos meios de compartilhamento de conhecimento, têm sido fundamentais para gestores e recursos humanos adotar esse tipo de ferramenta. Os autores propõem uma ontologia no domínio de desenvolvimento de software, em que são mapeadas as habilidades, atividades, artefatos e outros elementos. Os autores apontam como direção futura da área a combinação de elementos de redes sociais e informações voltadas às atividades, negócios e afins das organizações.

Angelova et al. (2018) conceitua duas abordagens de métodos de desenvolvimento de sistemas de localização de especialistas. A primeira abordagem é a mineração de dados não estruturados, que lida com a indexação de dados provenientes de e-mails, documentos, páginas na web e outras fontes, e tem o problema de acreditação dessas informações. A segunda abordagem é a de dados de redes, que lida com problemas de atualização dessas informações. Ambas têm em comum uma possível desatualização e o viés dessas informações em vários aspectos. É apontada como uma direção de pesquisa o desenvolvimento de uma ontologia.

Na visão de Rampisela et al. (2020a) o desenvolvimento de ELS é focado nas organizações, o que engloba soluções voltadas a recomendação e buscas, sendo necessário também investigar esse tipo de sistema no contexto acadêmico. De tal forma é necessário identificar as principais características desses sistemas no meio acadêmico. Esses autores conceituam a hierarquia proveniente dos sistemas de gestão de conhecimento até os sistemas de localização de especialista, semelhante a perspectiva apresentada na seção introdutória deste artigo. Além disso, o estudo apresenta elementos como a manutenção dos dados, cultura e tecnologias a serem consideradas no desenvolvimento. Os sistemas de localização de especialistas na academia são voltados a pesquisa, educação e de uso geral, de tal modo possuem as seguintes características: forma de acesso, autoavaliação, participação, taxonomia do conhecimento, níveis de competência, manutenção dos dados, plataforma (tecnologias), tipo da base de dados, linguagem de programação,

acessibilidade, tempo real, visibilidade, área de expertise, tipo de dataset, coleção de dados e arquitetura do sistema.

Segundo Rampisela et al. (2020b) no ambiente de pesquisa científica a localização de especialistas é importante para a colaboração em vários aspectos. Na abordagem apresentada a localização de especialistas tem como base a coautoria de publicações, provenientes de bases científicas e de páginas pessoais de uma instituição de ensino. Os autores concluíram que existe uma dificuldade na avaliação do sistema, e da utilização de técnicas provenientes da recuperação de informação.

Demandas	Desafios	Publicações
Construção, manutenção e atualização de perfis	Viabilizar a construção e a atualização dos perfis dos especialistas, sobre os quais são realizadas as consultas e recomendações para os mais variados propósitos.	P1; P5; P11; P16
Representação do conhecimento	Necessidade de meios que representem os conceitos principais da área, por exemplo como mensurar expertise, competência, conhecimento, e outros conceitos, baseados em informações.	P3; P4; P7; P12; P15; P18
Avaliação de sistemas de localização de especialistas	Necessidade de meios de avaliação de sistemas de localização de especialistas que confiram uma visão assertiva sobre a cobertura e a qualidade dos dados e dos serviços.	P3; P9; P19
Mecanismos de acreditação	Necessidade de considerar elementos de fontes, contexto, e outros que evidenciem que o indivíduo é um especialista.	P5; P6; P8; P9; P11

Quadro 3 – Principais desafios para o projeto de ELS

6. Princípios de Design da Plataforma iAraucária

A Plataforma iAraucária foi estabelecida com vistas a viabilizar a instrumentalização dos NAPIs. A iAraucária visa auxiliar os atores do sistema regional de inovação do Paraná a mapear, acessar, analisar, disseminar dados e informações sobre as competências individuais e institucionais e a produção de CTI. Seu elemento central é um ELS que busca apoiar a identificação e a conexão da expertise local e demais ativos do território em ações de coprodução de inovação. A plataforma reúne ainda instrumentos para apoiar a instrumentalização das redes de coprodução do conhecimento e inovação.

A plataforma disponibiliza serviços para o registro de especialistas, por meio dos quais os usuários podem complementar as informações integradas ao seu currículo, além de recursos para apoio à coprodução e para localização e análise de conhecimentos, grupos de pesquisa e produção científica e tecnológica.

Os dados do currículo da plataforma são alimentados automaticamente por dados de bases de dados nacionais, como currículo e grupos de pesquisa da Plataforma Lattes, LinkedIn, documentos produzidos pelos pesquisadores (como sua produção bibliográfica), dentre outras fontes de dados. Para tanto, rotinas de extração, transformação e carga de dados, conforme (Chen, Mao & Liu, 2014), foram para viabilizar três etapas: estagiamento, recorte e dimensional. Como resultado, a plataforma mapeia mais de 7 milhões de acadêmicos e profissionais relacionados e mais de 46 mil grupos de pesquisa no Brasil.

As informações consultadas na etapa de estagiamento, posteriormente na etapa de recorte são anotadas com base na ontologia da plataforma, cujo índice final da etapa dimensional é mantido por meio do Elastic Search .

Uma ontologia de domínio foi estruturada seguindo o padrão SKOS para organizar taxonomias sobre as temáticas priorizadas no projeto da plataforma. Conforme Fan, Wang e Zheng (2016), uma ontologia é composta por um conjunto hierárquico de conceitos ou classes, por atributos que descrevem as características e propriedades das classes, por relações que englobam às propriedades de objeto e também os axiomas, por domínio dos atributos e das relações e, por instâncias das classes. A ontologia é composta pelas seguintes taxonomias: Cidades Inteligentes; Saúde (DeCS); Agricultura (AGROVOC); Engenharia; Desenvolvimento Sustentável; e Transformação Digital.

A ontologia busca atender às necessidades de recorte e indexação semântica dos dados do barramento, além de apoiar os processos de extração de conhecimento e processamento analítico no âmbito da iAraucária. Todos os componentes da plataforma são suportados pela ontologia, a qual possibilita a anotação dos conteúdos inseridos nos módulos da plataforma, permite a indexação e a recuperação de informação e a recomendação de conteúdos de acordo com o perfil dos usuários ou das missões de coprodução.

A Figura 3 ilustra de maneira esquemática a aplicação da ontologia. No exemplo, dados incorporados do LinkedIn e CV Lattes sobre a atuação em projetos são associados aos conceitos da ontologia.

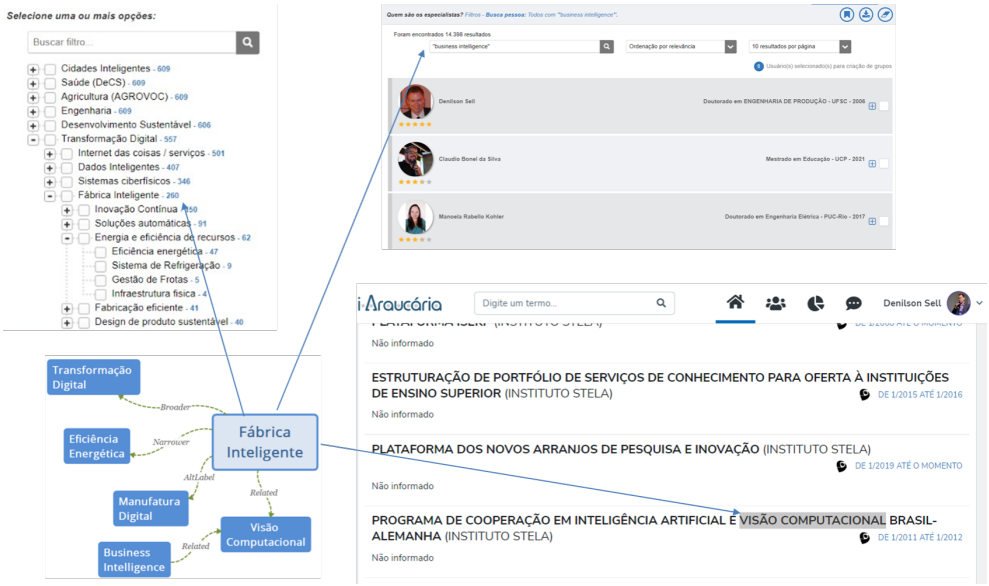


Figura 3 – Navegação no módulo de competências apoiada pela ontologia

No exemplo, o usuário possui um projeto cuja descrição engloba o termo “visão computacional”. Tal termo está contemplado na ontologia e é associado por meio da

propriedade “skos:related” ao conceito Fábrica Inteligente. Nas páginas amarelas da plataforma, ao pesquisar por pessoas com experiência em projetos de “Fábricas Inteligentes”, o mesmo especialista é apresentado entre os resultados da busca em virtude da prévia anotação de seus dados e da associação entre os conceitos na ontologia. O Quadro 4 sintetiza como os princípios de design utilizados no projeto do sistema de localização de especialistas da plataforma iAraucária com base na DSR e nos princípios de design identificados na revisão da literatura.

Demandas	**Desafios**
Construção, manutenção e atualização de perfis	Dados de fontes como Plataforma Lattes e LinkedIn são integrados automaticamente. Os usuários podem complementar suas informações por meio do sistema de currículo da plataforma.
Representação do conhecimento	Uma ontologia de domínio organiza as informações em torno das temáticas prioritárias para o desenvolvimento do ecossistema de inovação paranaense.
Avaliação de sistemas de localização de especialistas	Os especialistas articulados em cada NAPI analisam o perfil dos especialistas encontrados e recomendados pela plataforma. Mecanismos de retroalimentação com base nos resultados da busca e da seleção das recomendações estão sendo estudados para complementar a experiência.
Mecanismos de acreditação	É conferida grande visibilidade aos dados integrados de fontes públicas e inseridos pelos usuários, de modo a favorecer o controle social. Rodadas de discussão sobre a efetividade da plataforma e da qualidade de informação estão sendo desenvolvidas com representantes da Fundação Araucária e dos NAPIs.

Quadro 4 – Princípios de design da Plataforma iAraucária

7. Considerações Finais

O presente trabalho buscou caracterizar a importância e os principais desafios para a implementação dos ELS. A revisão integrativa de literatura possibilitou identificar os principais desafios no desenvolvimento destes sistemas, sendo destacados os seguintes: (a) construção, manutenção e atualização de perfis; (b) representação do conhecimento; (c) avaliação de sistemas de localização de especialistas; (d) mecanismos de acreditação. Com base nestes desafios, foi possível estabelecer princípios de design para projetos de ELS.

Destaca-se como contribuição do presente trabalho a identificação de um novo campo de aplicação dos ELS, no âmbito do planejamento de políticas pública e, especificamente, no fomento à pesquisa, inovação e ao desenvolvimento de ecossistemas de inovação. O projeto da plataforma iAraucária considera os principais desafios apontados pela literatura, de modo a conferir apoio assertivo às ações de desenvolvimento do ecossistema de inovação paranaense. Os recursos reunidos neste ambiente visam apoiar, de forma contínua e dinâmica, os sistemas regionais de inovação e as organizações a mapear, acessar, analisar, difundir dados e informações sobre as competências individuais e institucionais e sobre a produção C&T no Paraná. Como resultados da estratégia estabelecida, destacam-se a maior assertividade no fomento, a potencialização das conexões entre os atores do ecossistema de inovação, a facilidade em encontrar as

principais competências em áreas estratégicas para o desenvolvimento do ecossistema de inovação. Por meio do ELS estabelecido, foi possível estabelecer uma visão clara sobre o potencial latente e sobre as lacunas existentes no território e assim direcionar a aplicação dos recursos públicos no financiamento da pesquisa. A perspectiva orientada a redes e suportada pela plataforma possibilitou a formação de múltiplas conexões entre atores, potencialmente formando clusters de competências que habilitarão os participantes a continuar o desenvolvimento de ações colaborativas e a formação de novas competências.

Dentre os trabalhos futuros previstos para o projeto, inclui-se a incorporação de novas fontes de dados no barramento, a ampliação das temáticas mapeadas na ontologia, a incorporação de recursos de retroalimentação dos índices e recomendações e a adição de novos recursos para favorecer a coprodução do conhecimento. O trabalho desenvolvido até então sucinta novas pesquisas envolvendo novas abordagens de compartilhamento e coprodução do conhecimento associadas ao ambiente colaborativo da plataforma.

Referências

Alhosan, N., Fayyoumi, A., FARIS, H. (2014). Shaping an Experts Locator System: Recommending the Right Expert. Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 66(2).

Angelova, M. et al. (2018). An Expertise Recommender System Based on Data from an Institutional Repository (DiVA).

APQC - American Productivity & Quality Center. 2015 Knowledge Management Priorities. Disponível em < https://www.apqc.org/knowledge-base/download/340305/K05834_2015_KM_Priorities_ExecSum.pdf >. Acesso em 02 set. 2022.

Audretsch, D. B. and Link, A. N. (2019) 'Embracing an entrepreneurial ecosystem: an analysis of the governance of research joint ventures', SMALL BUSINESS ECONOMICS, 52(2, SI), pp. 429–436.

Balog, K, et al. Expertise Retrieval. Foundations and Trends in Information Retrieval, [S.L], v. 6, Nos. 2–3, p. 127-256. 2012.

Becerra-Fernandez I., Sabherwal, R. (2014). Knowledge Management: Systems and Process (2. Ed). Routeledge.

Botelho, L. L. R., Cunha, C. C. A., Macedo, M. (2011). O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. Gestão e Sociedade, Belo Horizonte, 5(11), p. 121-136.

Chen, M., Mao, S., Liu Y. (2014) Big Data: A Survey. Mobile Netw Appl, 19.

Córdava-Moras et al. (2017). Expert Location Tool for Global Software Development Environments based on Knowledge Profile Management. 5th International Conference in Software Engineering Research and Innovation (CONISOFT), IEEE.

De Silva M. Howells, J. and Meyer, M. (2018). Innovation intermediaries and collaboration: Knowledge-based practices and internal value creation, Research Policy, Vol 47, pp 70-87.

Di Vaio, A. et al. (2020). Artificial intelligence and business models in the sustainable development goals perspective: A systematic literature review. Journal of Business Research, 121, p. 283–314.

Ehrlich, K., Shami, N. S. (2008). Searching for Expertise. CHI 2008, 2008, Florence. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. New York: ACM.

Fan, H., Wang, F.; & Zheng, M. (2016). Research on knowledge fusion connotation and process model. In: CHINA CONFERENCE ON KNOWLEDGE GRAPH AND SEMANTIC COMPUTING (CCKS 2016), Beijing, 2016. p. 184-195.

Fitsilis, P., Gerogiannis, V., Anthopoulos, L. (2014). Project team selection based on social networks. 2014 IEEE International Technology Management Conference.

Fitsilis, P., Gerogiannis, V., Anthopoulos, L. (2015). Software Project Team Selection Based on Enterprise Social Networks. In: Gen, M., Kim, K., Huang, X., Hiroshi, Y. (org.). Industrial Engineering, Management Science and Applications 2015. Lecture Notes in Electrical Engineering, Springer.

Guy, I. et al. (2013). Mining Expertise and Interests from Social Media. International World Wide Web Conference Committee (IW3C2), ACM.

Herling, R. W. (2000). Operational definitions of Expertise and Competence. Advances in Developing Human Resources, 2(1), p. 8-21.

Hess, C. & Oström, E., (2007). Understanding Knowledge as a Commons: From Theory to Practice.

Hoffecker, E. (2019). Understanding Innovation Ecosystems: A Framework For Joint Analysis And Action. Cambridge.

Kraß, W., Försterling, U. (2013). Comparison of the results of an authorship-based expert recommender against data from a directory of experts. i-Know '13, Graz, Austria.

Kendal, S., Creen, M. (2006). An Introduction to Knowledge Engineering. Springer.

Kitsios, F., Kamariotou, M. (2021). Artificial Intelligence and Business Strategy towards Digital Transformation: A Research Agenda. Sustainability, 13(4), 2021.

López-Arellano, J. Romero-Rubio, S., Morales-Ávila, M. (2022). La cooperación interacadémica como factor determinante para la productividad académica de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Revista lbérica de Sistemas e Tecnologias de Informação. 47, 09/2022.

Nguyen J. et al. (2014). Defining dimensions in expertise recommender systems for enhancing open collaborative innovation. Frontiers in Artificial Intelligence and Applications.

Nguyen, J. et al. (2015). InsERT: the Inspirational Expert Recommender Tool. 2015 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), IEEE.

Noy, N. F.; McGUINESS, D. L. Ontology Development 101: A Guide to Creating your First Ontology. 2001. Disponível em: <https://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.pdf> Acesso em: 10 dez. 2022.

Rampisela, T. V. et al. (2020a). Characteristics of Expertise Locator System in Academia: A Systematic Literature Review. 2020 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA).

Rampisela, T. V. et al. (2020b). Expert Locator System for Finding Co-authors Using Snowball Network Method: A Case Study of Fasilkom UI Lecturers. ICEMT, ACM.

Shearmur, R., Carrincazeaux, C., & Doloreux, D. (Eds.). (2016). Handbook on the Geographies of Innovation. Edward Elgar Publishing.

Schreiber, G., Akkermans, H., Anjewierden, A., Hoog, R., Shadbolt, N., Velde, W., Wielinga, B. (2002). Knowledge engineering and management: the commonKADS methodology. MIT Press.

Sun et al. (2013). FINDING AN EXPERT: A MODEL RECOMMENDATION SYSTEM. Thirty Fourth International Conference on Information Systems, Milan.

Turnhout, E., Metze, T., Wyborn, C., Klenk, N., & Louder, E. (2020). The politics of co-production: participation, power, and transformation. Current Opinion in Environmental Sustainability, 42, 15-21.

Vergne, M.; Susi, A. (2015). Breaking the Recursivity: Towards a Model to Analyse Expert Finders. Lecture Notes in Computer Science, 9381, p. 539–547.

Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. Journal of Strategic Information Systems, 28, p. 118–144.

Wang, X. et al. (2020). KM 3.0: Knowledge Management Computing Under Digital Economy. In: Matos, F. et al. (org) Knowledge, People, and Digital Transformation. Contributions to Management Science. Springer.

Whittemore, R., Knafl, K. (2005). The integrative review: updated methodology. Journal of Advanced Nursing, 52(5), p. 546-53.

Yarosh et al. (2013). I Need Someone to Help! A Taxonomy of Helper-Finding Activities in the Enterprise. CSCW, 13, San Antonio.

Young, R. (2020). Asian Productivity Organization (org.). APO Knowledge Management: tools and techniques manual. Tokyo: Omega Communications, 2020. 88 p.

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

Recebido/Submission: 29/10/2022
Aceitação/Acceptance: 19/12/2022

Relación entre calidad de vida laboral y productividad en la pandemia: Un análisis bibliométrico y sistémico

José R. López-Arellano[1], Salvador A.Romero-Rubio[2], Kate M. Sandoval-Félix[3], Antonio H. Vega Arellano[4]

ramonlo@uas.edu.mx; salvador.fca@uas.edu.mx; fca.kate.sandoval@uas.edu.mx; Vega_antonio@hotmail.com

[1] Doctor en gestión de las organizaciones. Director del Parque de Innovación Tecnológica de la Universidad Autónoma de Sinaloa. https://orcid.org/0000-0003-2126-6767

[2] Doctorando en Ciencias Sociales de la Universidad Autónoma de Sinaloa. https://orcid.org/0000-0002-8912-0556

[3] Estudiante de la licenciatura en administración de empresas en la Universidad Autónoma de Sinaloa. https://orcid.org/0000-0002-4834-4465.

[4] Maestro en educación. Profesor de tiempo completo en la Universidad Autónoma de Sinaloa. https://orcid.org/0000-0003-0259-604X

Pages: 327-343

Resumen: La pandemia de COVID-19 trajo consigo cambios en la forma de trabajar en el bienestar de los trabajadores, por ello el objetivo de esta investigación es identificar las tendencias de investigación sobre la calidad de vida laboral y la productividad en tiempos de COVID-19. Se utilizó la metodología constructivista Proknow-C con la que se elaboró un portafolio bibliográfico de 49 artículos obtenidos de Web of Science resultante de cuatro etapas de búsquedas entre 2012 y 2022; se realizó un análisis bibliométrico y se crearon redes bibliométricas con el software VOSviewer; se llevó a cabo un análisis sistémico de los artículos; y se encontraron áreas de oportunidad de investigación. Se presentan artículos y revistas especializadas de alto impacto y autores, palabras clave y países más representativos. El sector salud es de los más estudiados, permitiendo la oportunidad a investigadores de otros sectores ahondar en el tema.

Palabras-clave: COVID-19; Calidad de vida; Condiciones de empleo; Satisfacción en el trabajo; Productividad laboral.

Relationship between quality of work life and productivity in the pandemic: A bibliometric and systemic analysis

Abstract: The COVID-19 pandemic brought with it changes in the way of working in the well-being of workers, therefore the objective of this research is to identify research trends on the quality of working life and productivity in times of COVID-19. The Proknow-C constructivist methodology was used, with which a bibliographic portfolio of 49 articles obtained from Web of Science resulting from four stages of

searches between 2012 and 2022 was prepared; a bibliometric analysis was carried out and bibliometric networks were created with the VOSviewer software; a systemic analysis of the articles was carried out; and areas of research opportunity were found. High-impact articles and specialized magazines and the most representative authors, keywords and countries are presented. The health sector is one of the most studied, allowing researchers from other sectors the opportunity to delve into the subject.

Keywords: COVID-19; Conditions of employment; Job satisfaction; Labor productivity; Quality of life.

1. Introducción

La pandemia del COVID-19 ha tenido un impacto significativo en la calidad de vida laboral de los trabajadores. La necesidad de adaptarse a nuevas formas de trabajo, como el teletrabajo, ha traído consigo consecuencias negativas, como mayores jornadas laborales, la sensación de no poder desconectar del trabajo y riesgos psicosociales, sin embargo, también ha habido aspectos positivos, como la mayor flexibilidad en términos de conciliación y adaptación ante la crisis, así, la importancia de la calidad de vida laboral se ha convertido en un tema cada vez más relevante, no solo para los empleados, sino también para las organizaciones, que buscan promover un entorno laboral saludable y sostenible (Morilla-Luchena *et al.*, 2021; Liberati *et al.*, 2021; Ulate-Araya, 2020; Zizek *et al.* 2021; Yerkes *et al.*, 2020; Carreri, 2020; Moda *et a*l., 2021).

La pandemia ha afectado la productividad y calidad de vida laboral de los empleados. Varios autores, como Agarwal (2020), Moda *et al.* (2021), Marcellin *et al.* (2022), Howie-Esquivel *et al.* (2022), Zahednezhad *et al.* (2021) y Haghi (2022), señalan que muchos trabajadores no cuentan con las herramientas o condiciones laborales necesarias para realizar su trabajo de manera efectiva y mantener el mismo nivel de calidad de vida laboral que tenían antes de la pandemia. La falta de recursos y apoyo puede afectar negativamente la productividad de los empleados y, en consecuencia, a la organización en general. Por tanto, es importante que las empresas presten atención a las necesidades de sus empleados y proporcionen las herramientas y el apoyo adecuados para mantener un alto nivel de calidad de vida laboral y productividad.

Basado en la literatura publicada en una de las principales bases de datos, Web of Science-WOS, se busca proporcionar información a organizaciones y académicos sobre la relación entre la productividad y la CVL en la pandemia. Por lo tanto, la pregunta de investigación que guía este trabajo es ¿Cuáles son las tendencias de investigación sobre la calidad de vida laboral y la productividad en tiempos de COVID-19?. Se espera identificar variables que puedan contribuir al ambiente laboral y a nuevos estudios empíricos. Se han llevado a cabo diversos estudios en esta línea de investigación, dado que la productividad se ha visto afectada por los cambios de CVL (Leitao *et al.*, 2019; Venkatesh y Aarthy, 2013; Yadav *et al.*, 2019) ocasionados por las condiciones de la pandemia (Leonidova e Ivanovskaya, 2021; Picatoste *et al.*, 2021).

2. Metodología

Se utilizó la metodología constructivista Proknow-C (*Knowledge Development Process-Constructivist*) para formar la estructura metodológica que permitió construir

conocimiento, en cuatro etapas (Ensslin, Ensslin y Dutra, 2014). Esta metodología también ha sido utilizada en (Naranjo Tuesta, Crespo Soler y Ripoll Feliu, 2022; Ripoll Feliu y Diaz Rodriguez, 2017). Las cuatro etapas son: 1) Seleccionar trabajos sobre el tema: buscar en bases de datos hasta formar el portafolio bibliográfico. 2) Realizar el análisis bibliométrico del portafolio: uso de VOSviewer para identificar a los principales autores, revistas, publicaciones y palabras clave. 3) Describir el análisis sistémico sintetizando el enfoque teórico, modelos o variables de los documentos. 4) Razonar y justificar preguntas de investigación y oportunidades.

VOSviewer es un software que permite la creación de mapas de datos de red para visualizar las co-ocurrencias y analizar las redes bibliométricas. La distancia entre dos nodos refleja la fuerza de relación entre ellos, y los nodos similares se agrupan por colores de acuerdo con su proximidad o distancia (Van Eck y Waltman, 2010). Este programa ha sido utilizado en diversos estudios, como los de Gálvez (2018), de Andrés Fazio, Urquía Grande y Pérez Estébanez (2022) y Sustacha, Baños-Pino y del Valle (2022). Se realizaron cuatro búsquedas en la colección principal de Web of Science hasta el 20 de mayo de 2022 para crear el portafolio bibliográfico (Tabla 1) que incluye estudios sobre Calidad de Vida Laboral en general, COVID-19, productividad y ambos.

Búsqueda	Variables	Ecuación
Búsqueda 1	Calidad de vida laboral	TS=(quality of NEAR/3 worklife OR quality of NEAR/3 work life OR quality of NEAR/3 work-life OR “calidad de vida laboral”)
Búsqueda 2	Calidad de vida laboral y COVID-19	(TS=(quality of NEAR/3 worklife OR quality of NEAR/3 work life OR quality of NEAR/3 work-life OR “calidad de vida laboral”)) AND TS=(COVID- 19 OR COVID19 OR coronavir* OR SARS-CoV-2 OR “COVID 19”)
Búsqueda 3	Calidad de vida laboral y productividad	(TS=(quality of NEAR/3 worklife OR quality of NEAR/3 work life OR quality of NEAR/3 work-life OR “calidad de vida laboral”)) AND (TS=(productiv* OR “productividad laboral” OR “labor productivity”))

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1 – Estructura de búsquedas en Web of Science

Al final se combinaron las búsquedas 2 y 3 para formar la búsqueda 4. Los documentos obtenidos se filtraron y discriminaron para obtener los más representativos, conformando un portafolio bibliográfico con 49 documentos de acceso abierto entre 2012 y 2022 utilizados para el análisis bibliométrico y sistémico.

3. Resultados

3.1. Análisis bibliométrico

Se presentan los resultados obtenidos de las 4 etapas de la metodología Proknow-C. En la tabla 2 se muestran los resultados generales de las primeras tres búsquedas.

Resultados	Búsqueda 1	Búsqueda 2	Búsqueda 3
Documentos	1354	30	122
Acceso abierto	410	18	41
Autores	1552	97	139
Autores con mayor producción	De Boer, AGEM (9), Tamminga, S. J. (7), Estabrooks, C. A. (6), Frings-dresen, M. H. (6), Hoben, M. (6)	Manthorpe, J. (2), Mallet, J. (2), Marioarty, J. (2), McFadden, P. (2), Gillen, P. (2)	De Boer AGEM (2), Fitzgerald, G. (2), Clark, M. (2), Almalki, M. J. (2), Pereira (2).
Autores con mayores citas	De Boer, AGEM (13643), Frings-dresen, M. H. (11712), Norton, P. G. (3874), Berta, W (1575)	Manthorpe, J. (6175), Mallet, J. (605), Marioarty, J. (311), McFadden (298)	De Boer AGEM (13855), Fitzgerald, G. (2633), Clark, M. (1099)
Journals	259	15	38
Journals con más publicaciones - Cuartil	International journal of environmental research and public health - Q2/Q1 (20), Sustainability- Q2/Q3 (11), Relations industrielles - Q4 (9)	International journal of environmental research and public health - Q2/Q1 (4)	Relations industrielles - Q4 (3)
Palabras clave co-ocurrencias	Quality of work life (70), Quality of working life (55), Job satisfaction (44), Quality of life (32), Nurses (19)	Covid-19 (10), Quality of Working life (3), Job satisfaction (3), Well-being (3)	Quality of work life (10), Job satisfaction (8), Productivity (5)
Países	65	22	32
Países con más publicaciones	Estados Unidos (59), Inglaterra (45), Canadá (43), Irán (30)	Inglaterra (3)	Canadá (5), inglaterra (5)
Países más citados	Inglaterra (4165), Italia (3156), Estados Unidos (1317)	Inglaterra (37), Países Bajos (30), Irlanda (25)	Saudi Arabia (167), Australia (152), Estados Unidos (145)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2 – Resultados búsquedas en Web of Science

Con la búsqueda 4 se obtuvieron 151 resultados entre 1980, siendo el registro más antiguo en WoS, y el 2022, de los cuales son 59 de acceso abierto. Se optó por los publicados entre 2012-2022 por ser más actuales, resultando 49 en el portafolio y ya no se requirieron más filtros. 16 de los 216 autores que abordan esta combinación de temas, tienen al menos 2 co-autorías. Aunque los 16 autores publicaron 2 veces sobre el tema, se prefirieron los 5 de mayor producción y se complementó la tabla 3 con la institución a la que pertenecen y el total de veces que se han citado todas sus publicaciones en WoS. Previamente los autores más relevantes en la búsqueda 2 fueron Manthorpe, J., Mallett, J., Moriarty, J. Ross, J. y Gillen, P. mientras que los de la búsqueda 3 fueron De Boer, AGEM, Fitzgerald, G. Clark, M. Almalki, M. J. y Abu-Shaheen, A.K.

Autores	Registros	Total de veces citado	Afiliación	Total de publicaciones	Promedio de citas
De Boer, AGEM.	2	13643	University of Amsterdam	413	33.02
Manthorpe, J.	2	5138	King's College London	436	11.78
Fitzgerald, G.	2	2568	Queensland University of Technology (QUT)	86	29.86
Clark, M.	2	1077	Queensland University of Technology (QUT)	39	27.62
Mallett, J.	2	562	Ulster University	40	14.05

Fuente: Elaboración propia. *Nota:* Datos actualizados al 11 de junio de 2022

Tabla 3 – Autores de CVL, COVID-19 y productividad con mayor producción entre 2012-2022

Sólo 12 de las 49 publicaciones han sido citadas 10 veces o más. Las más importantes se encuentran en la tabla 4. Otras relevantes son las de Almalki *et al.* (2012a), Almalki *et al.* (2012b), Kaddourah *et al.* (2018), Sperschneider *et al.* (2019), Liberati *et al.* (2021) y Zabrodska *et al.* (2016). Sólo Liberati *et al.* (2021) usan un método cualitativo, los demás cuantitativo.

Autor	Título	Journal	Citas
Yerkes *et al.* (2020)	'Intelligent' lockdown, intelligent effects? Results from a survey on gender (in)equality in paid work, the division of childcare and household work, and quality of life among parents in the Netherlands during the Covid-19 lockdown.	Plos One	30
McFadden *et al.* (2021)	The Role of Coping in the Wellbeing and Work-Related Quality of Life of UK Health and Social Care Workers during COVID-19.	International Journal Of Environmental Research And Public Health	25
Leitao *et al.* (2019)	Quality of Work Life and Organizational Performance: Workers' Feelings of Contributing, or Not, to the Organization's Productivity.	International Journal Of Environmental Research And Public Health	23
Morilla-Luchena *et al.* (2021)	Telework and Social Services in Spain during the COVID-19 Pandemic.	International Journal Of Environmental Research And Public Health	14
Liberati *et al.* (2021)	A qualitative study of experiences of NHS mental healthcare workers during the Covid-19 pandemic.	Bmc Psychiatry	12

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4 – Publicaciones más citadas sobre CVL, COVID-19 y productividad entre 2012-2022

En la tabla 5 se muestran las revistas más relevantes que abordan los tres aspectos.

Títulos de publicación	Registros	Citas	Journal Impact	Cuartil	Categorías de Web of Science
International Journal Of Environmental Research And Public Health	6	66	3.789	Q2/ Q1	Environmental sciences/ Public, environmental & occupational health
Work A Journal Of Prevention Assessment Rehabilitation	2	4	1.801	Q4	Public, environmental & occupational health
Bmc Health Services Research	1	85	3.297	Q3	Health care sciences & services
Human Resources For Health	1	58	3.827	Q2	Health policy & services/ Industrial relations & labor
Plos One	1	30	3.788	Q2	Multidisciplinary Sciences

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5 – Revistas de calidad de vida laboral, COVID-19 y productividad entre 2012-2022

De las 167 palabras clave usadas por los autores, se seleccionaron las que cuya frecuencia fuera igual o mayor a 3 (Figura 1). Las palabras clave más relevantes por su relación con otros nodos y la fuerza de sus conexiones son Job satisfaction con 11 ocurrencias, Quality of work life (11) y COVID-19 (10), Quality of working life (6), Saudi Arabia (5) y Productivity y Quality of life (4).

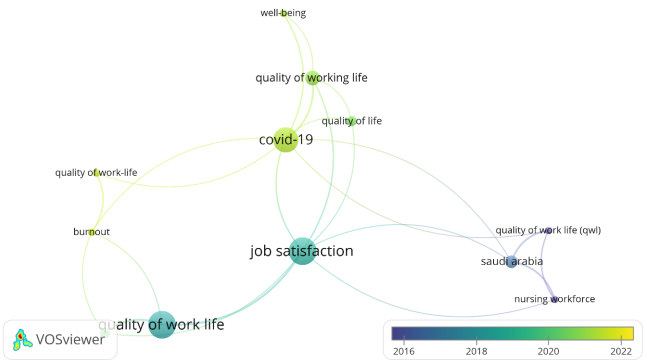


Figura 1 – Co-ocurrencia de palabras clave de CVL, COVID-19 y productividad entre 2012-2022

Los 49 documentos se localizan en 41 países, 19 han publicado más de dos documentos, siendo Suiza el que más ha colaborado con otros. Entre ellos Inglaterra cuenta con 8 registros, seguido de Saudi Arabia (5), India (4) y Australia, Irán, Países Bajos y Estados Unidos, con 3 cada uno, el resto han publicado 2 o 1, siendo Saudi Arabia el más citado

con 169 citas, luego Australia con (152), Inglaterra (70), Países Bajos (33) y Portugal (27).

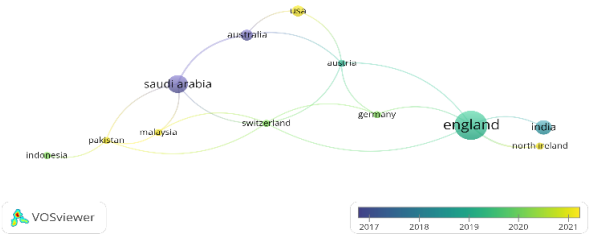


Figura 2 – Red de co-autoría entre países entre 2012-2022

3.2. Análisis sistémico

Siguiendo el proceso de Proknow-C, se identificaron bases teóricas y variables utilizadas en los documentos analizados y se determinaron futuras oportunidades de investigación.

Las bases teóricas localizadas en los 49 documentos fueron: El modelo de recursos de demandas laborales, la teoría de dos factores de Herzberg o la teoría de motivación-higiene a la que se le añade el factor desmotivadores, la teoría política, la teoría del valor trabajo, la teoría de la productividad laboral, la teoría de los factores de producción, la teoría económica neoclásica, la teoría de la autodeterminación, la teoría de la equidad, el enfoque de las relaciones humanas, el enfoque sociotécnico, la teoría de rango completo del liderazgo, la teoría de los sistemas dialécticos de Mulej, el modelo de cuatro dimensiones de la CVL de Enfermería, el enfoque de control de la gestión de personas, la teoría organizacional y la teoría del estrés.

La tabla 6 presenta definiciones de los conceptos más utilizados en esta investigación, están asociados con las teorías del párrafo anterior. A su vez, se crearon definiciones propias basadas en las propuestas por los autores, con el fin de entender específicamente cada concepto de investigación y poder establecer un concepto en general que permita a otros investigadores hallar más fácilmente literatura sobre estos temas.

Acorde con los conceptos de CVL presentados en la tabla 6 y algunos encontrados en Almaki (2012), Abdullah *et al.*, (2021), Alreshidi & Alsharari (2021), Bosma *et al.*, (2021), Chinomona, (2014), Diana *et al.,* (2022), Hwang, (2022), Leitao *et al.,* (2019), y Maqsood *et al.*, (2021), se propone que: La CVL es un fenómeno en donde los empleados son capaces de satisfacer sus necesidades personales a través de las experiencias vividas en sus empleos mientras logran los objetivos establecidos. Hace hincapié en la calidad de la relación entre el empleado y el entorno laboral. A su vez, se tomaron definiciones de la tabla 6, y otras dadas por otros autores como Cequea Null y Núñez Bottini, (2011), Fontalvo *et al.*, (2018), Medina (2010) y Nagles (2006) para presentar otra definición propia: La productividad es la relación entre lo que produce una compañía y la optimización de los recursos disponibles que se utilizan para alcanzar el nivel de producción de productos o prestación de servicios estimada, busca mejorar la eficiencia

y la eficacia a través del uso de la innovación con el objetivo de generar bienes y servicios para satisfacer las necesidades de la sociedad.

Autor	Calidad de vida laboral	Autor	Productividad
(Kaleel *et al.*, 2018a, citado en Diana *et al.*, 2022).	Se refiere a los gustos o disgustos del entorno de trabajo para las personas que se refiere a la calidad de la relación entre los empleados y el entorno de trabajo total.	(Sunyoto, 2015, citado en Wara *et al.*, 2018)	La productividad es una medida de cuán productivo es un proceso que produce un resultado, la productividad también se define como una relación entre el insumo y el resultado, con un enfoque en el resultado producido por un proceso.
(Kong *et al.,* 2019, citado en Moda *et al.,* 2021)	La CVL denota la experiencia de los empleados de su entorno de trabajo, que implica la percepción de los empleados de su bienestar físico y psicológico obtenido de su trabajo.	(Moradi, 2014, citado en Wara *et al.*, 2018)	La productividad del individuo es la forma en que una persona realiza su trabajo o desempeño. Una persona productiva describirá el potencial, la percepción y la creatividad que siempre contribuyen a su capacidad de beneficiarse a sí mismo y a su entorno.
(Richard and Lay, 1977, citado en Venkatesh, 2013)	Grado en que los miembros de una organización laboral son capaces de satisfacer importantes necesidades personales a través de su experiencia en la organización.	(Dessler, 2013, citado en Wara *et al.*, 2018)	La relación entre la totalidad de los gastos en un momento dado dividida por la totalidad de los insumos durante ese período. La relación precio-tamaño de los insumos y los resultados, la diferencia entre un conjunto de gastos e insumos expresados en una sola unidad.
(Igbaria *et al.*, 1994, citado en Chinomona, 2014)	Medida en que los trabajadores de una PYME son capaces de satisfacer importantes necesidades personales a través de sus experiencias en el lugar de trabajo.	(Leonidova e Ivanovskaya, 2021)	La productividad laboral es la relación entre el volumen de producción y la cantidad de recursos laborales gastados y se calcula para determinar la eficiencia del funcionamiento de las empresas individuales, las regiones, las industrias y la economía nacional.

Fuente: Los autores

Tabla 6 – Principales definiciones

Ahora bien, se resume lo expuesto por autores sobre conceptos e indicadores clave en sus documentos para facilitar el análisis y comprensión de los mismos.

Abdullah *et al.* (2021) hallaron que se investiga sobre CVL principalmente en negocios, administración y contabilidad en Estados Unidos, India y países asiáticos. Hay que colaborar para equilibrar el trabajo y la vida personal y encontrar una calidad de vida más integral (Zizek *et al.*, 2021). Pérez-Zapata *et al.* (2013) vinculan CVL, clima organizacional, satisfacción laboral y engagement, ya que estar satisfechos y felices aumenta la productividad (Agarwal, 2020; Moda *et al.*, 2021; Marcellin *et al.*, 2022). La CVL influye positivamente en la satisfacción laboral y el empoderamiento psicológico (Chinomona y Dhurup, 2014; Venkatesh y Aarthy, 2013; Diana *et al.*, 2022).

El engagement se asocia a una mayor CVL por las expectativas de autoeficiencia (Pérez-Zapata *et a*l., 2013). Sin embargo, los componentes subjetivos de la CVL influyen en el desempeño organizacional, el rendimiento y la productividad (Leitao *et al*., 2019; Venkatesh & Aarthy, 2013). Las dimensiones objetivas tienen alto nivel de satisfacción con la CVL, mientras que las subjetivas, tienen un nivel bajo (Iglesias, Salazar y Hernández, 2021). La productividad laboral puede verse afectada por factores como el cinismo, baja efectividad, agotamiento emocional y salud ocupacional, mientras que otros factores la mejoran. (Wara *et al*., 2018; Leitao *et al*., 2021).

Los componentes del clima organizacional se asocian a una mayor CVL y ayudan a reducir el burnout (Pérez-Zapata *et al*., 2013). Políticas sobre el clima laboral en universidades tienen un impacto en la CVL, y el estrés de los profesores (Horton y Jacobs, 2022; Zabrodska *et al*., 2016). El teletrabajo es efectivo con respecto a la satisfacción laboral y la productividad, comparado con los que laboraron presencialmente durante el confinamiento (Ulate-Araya, 2020; Morilla-Luchena *et al*.,2021). La desigualdad de género aumentó en relación con la CVL, pero disminuyó en cuanto a responsabilidades del cuidado del hogar y los hijos (Yerkes *et al*., 2020; Carreri, 2020; Moda *et al*., 2021).

La satisfacción laboral y la atención plena tienen una correlación positiva con la CVL de las enfermeras más fuerte que los factores que la afectan negativamente, la evitación se considera factor de riesgo, por lo que recomiendan diversas estrategias para mejorarla (Hwang, 2022; McFadden *et al*., 2021a; Kaddourah *et al*., 2018; Marcellin *et al*., 2022).

Almalki *et al*. (2012a), Almalki *et al*. (2012b), Alreshidi y Alsharari (2021) y Sadasivam *et al*. (2021) encontraron que aún con las condiciones en el trabajo, parte del personal de enfermería considera tener una alta calidad de vida, sin embargo, la mayoría no estaba satisfecha por factores que influyen en su CVL, por lo que al identificarlos se pueden desarrollar estrategias para mejorarla. Durante la pandemia de COVID-19 el personal de enfermería llegó a tener niveles altos de burnout, eso influyó en las relaciones entre la resiliencia y la escala de CVL (Howie-Esquivel *et al*., 2022), que se pueden mejorar utilizando un modelo de resiliencia ambiental (HSWERM), contrarrestando así la tasa de burnout y mejorando la CVL de las enfermeras (Zahednezhad *et al*., 2021).

La CVL de los trabajadores de salud se vio afectada negativamente durante la pandemia, especialmente en aquellos con mayor ansiedad (Liberati et al., 2021; Aydin et al., 2021). Las enfermeras con titulaciones superiores sufrieron una disminución en su CVL debido a la pandemia (Haghi et al., 2022). Sin embargo, los trabajadores sociales reportaron mayor bienestar mental y CVL durante el confinamiento debido a cambios en las prácticas laborales (McFadden et al., 2021b). Es importante invertir en equipos de trabajo seguros para prevenir accidentes y aumentar la productividad (Leonidova e Ivanovskaya, 2021; Picatoste et al., 2021; Yadav et al., 2019).

Por su parte, Bosma *et al*. (2021), muestran que las personas con problemas de salud, tienden a disminuir la capacidad laboral y la CVL, como lo demuestran diversos estudios sobre enfermedades como la endometriosis (Andysz *et al*., 2018; Sperschneider *et al*., 2019; Heidarimoghadam *et al*., 2020), la macromastia (Jud *et al*., 2021) o la enfermedad inflamatoria intestinal (van Gennep *et al*., 2021), que se asocian con el deterioro de la vida profesional, influyen negativamente en la CVL al trabajar con problemas de salud. El presentismo es más costoso que el ausentismo, por lo que George *et al*. (2017) sugieren

la adopción de estilos de liderazgo transformacional y transaccional por su reducción significativa del presentismo.

Las horass extras de trabajo, los trabajos por turnos o la remuneración injusta son factores que reducen la CVL (Heidarimoghadam *et al.*, 2020; Nguyen y Vo, 2018; Maqsood *et al.*, 2021; Gartner *et al.*, 2019). Ésta se puede mejorar con educación, salarios, promoción, entrenamiento, capacitación integral y continua y fortaleciendo habilidades y capacidades cognitivas con estándares internacionales (Navales *et al.*, 2021; Martínez-Buelvas *et al.*, 2021). La confianza entre empleados y gerentes de organizaciones transnacionales, permiten intercambiar conocimiento sobre las capacidades productivas de las empresas y la protección de los derechos e intereses de los trabajadores (Fiedler *et al.*, 2021) y se pueden incluir aspectos técnicos y factores humanos que mejoren sus competencias y los procesos de la cadena de suministro, mejorando así la CVL, la productividad y relaciones (Herrera y Huatuco, 2012).

3.3. Oportunidades de investigación

En la última etapa de la metodología Proknow-C se razonan e identifican oportunidades de investigación. A lo largo del documento, se presentan varios trabajos sobre la calidad de vida laboral en empresas y trabajadores de la salud, pero poco se habla de la experiencia del personal docente durante la pandemia. Es necesario estudiar su situación ya que fue uno de los sectores más afectados por la falta de preparación para las clases en línea, especialmente en países latinoamericanos donde la brecha tecnológica es amplia. Los maestros enfrentaron largas jornadas, problemas técnicos y la necesidad de atender a padres y alumnos fuera de su horario laboral, todo esto con poco reconocimiento y sin poder lograr una buena calidad de vida, lo que afectó su productividad y causó estrés y cansancio.

También se encontraron estudios sobre el personal que cambió a trabajo remoto, así como sobre aquellos que siguieron trabajando de manera presencial. Se sugiere realizar estudios comparativos de las actividades consideradas esenciales y no esenciales, ya que los empleados enfrentaron diferentes condiciones laborales, incluyendo la exposición directa a la enfermedad.

4. Conclusiones

En conclusión, este documento aporta información valiosa sobre la calidad de vida laboral de los trabajadores durante la pandemia de COVID-19. Los estudios presentados demuestran que la pandemia ha tenido un impacto significativo en la salud mental, el bienestar y la conciliación de la vida personal y laboral de los trabajadores. Además, se destaca que la calidad de vida laboral es un tema importante en revistas especializadas en salud y medio ambiente, y se resalta la necesidad de continuar investigando para comprender mejor los efectos de la pandemia en este ámbito.

Es esencial que tanto los empleadores como los responsables políticos tomen medidas para garantizar el bienestar de los trabajadores y la productividad de las empresas. La calidad de vida laboral es un tema crucial que debe ser abordado de manera integral para asegurar un ambiente laboral saludable y sostenible para todos los trabajadores. En

resumen, los resultados presentados en este documento pueden ser útiles para futuras investigaciones y para la implementación de políticas y prácticas que mejoren la calidad de vida laboral de los trabajadores en el contexto de la pandemia de COVID-19.

Referencias

Abdullah, N. A. C., Zakaria, N., & Zahoor, N. (2021). Developments in quality of work-life research and directions for future research. *Sage open, 11(4)*, 1-18. doi:10.1177/21582440211059177

Abu-Shaheen, A. (s.f.). Researcher at Research Center, King Fahad Medical City, Riyadh, Saudi Arabia. https://www-webofscience-com.basesuas.idm.oclc.org/wos/author/record/4061044

Agarwal, S. (2020). Trust as a missing link between quality of work life and subjective well-being. *Ingeniería solidaria, 16(1) 1-21*. doi:10.16925/2357-6014.2020.01.06

Almalki, M. J. (s.f.). Assistant Professor of Public Health/Health Service Management - Jazan University. https://www-webofscience-com.basesuas.idm.oclc.org/wos/author/record/38018182

Almalki, M. J., FitzGerald, G., & Clark, M. (2012a). The relationship between quality of work life and turnover intention of primary health care nurses in Saudi Arabia. *BMC Health Services Research, 12*. doi:10.1186/1472-6963-12-314

Almalki, M. J., FitzGerald, G., & Clark, M. (2012b). Quality of work life among primary health care nurses in the Jazan region, Saudi Arabia: A cross-sectional study. *Human resources for health, 10*. doi:10.1186/1478-4491-10-30

Alreshidi, N. M., & Alsharari, A. F. (2021). Work-life balance of expatriate nurses working in acute care settings. *Nursing open, 8(6)*, 3201-3211. doi:10.1002/nop2.1033

Andysz, A., Jacukowicz, A., Merecz-Kot, D., & Najder, A. (2018). Endometriosis - the challenge for occupational life of diagnosed women: A review of quantitative studies. *Medycyna pracy, 69(6)*, 663-671. doi:10.13075/mp.5893.00737

Aydin, A., Kulakac, N., & Sayilan, A. A. (2021). The effect of COVID-19 anxiety levels of healthcare professionals on the quality of working life and related factors. *International journal of clinical practice, 75(12)*. doi:10.1111/ijcp.14889

Bosma, A. L., Ouwerkerk, W., Gunal, M., Hyseni, A. M., Arents, B. W. M., Gerbens, L. A. A., . . . Spuls, P. I. (2021). Work ability and quality of working life in atopic dermatitis patients treated with dupilumab. *Journal of dermatology, 48(9)*, 1305-1314. doi:10.1111/1346-8138.15939

Cequea Null, M. M, & Núñez Bottini, M. (2011). Factores humanos y su influencia en la productividad. *Revista Venezolana De Gerencia*, 16(53), 116-137. https://oa.upm.es/10776/

Carreri, A. (2020). Control on the 'Boundary-Work' in work-life articulation for flexible knowledge workers. Insights into gender asymmetries. *Social sciences-basel, 9(6),* 107. doi:10.3390/socsci9060107

Chinomona, R., & Dhurup, M. (2014). The influence of the quality of working life on employee job satisfaction, job commitment and tenure intention in the sme sector in zimbabwe. *South African journal of economic and management sciences, 17(4)*, 363-378. doi:10.4102/sajems.v17i4.296

Clark, M. (s.f.). Researcher at Queensland University of Technology, Kelvin Grove, QLD, Australia. https://www-webofscience-com.basesuas.idm.oclc.org/wos/author/record/20170188

de Andrés Fazio, S., Urquía Grande, E., & Pérez Estébanez, R. (2022). The "secret life" of the Statement of Cash Flow: A bibliometric analysis. *Cuadernos de Gestión*, *22*(1), 143-159. https://doi.org/10.5295/cdg.211481rp

De Boer, A.G.E.M. (s.f.). Researcher at Amsterdam Public Health Research Institute, Amsterdam, The Netherlands https://www-webofscience-com.basesuas.idm.oclc.org/wos/author/record/28938418

Diana, Eliyana, A., Mukhtadi, & Anwar, A. (2022). Creating the path for quality of work life: A study on nurse performance. *Heliyon, 8(1)*. doi:10.1016/j.heliyon.2021.e08685

Ensslin, L., Ensslin, S. R., y Dutra, A. (2014). *PROKNOW-C: Un proceso para generación de conocimiento e identificación de oportunidades de investigación científica*. http://aicogestion.org/proknow-c/

Fiedler, A., Casey, C., & Fath, B. (2021). Transnational employee voice and knowledge exchange in the multinational corporation: The European Company (SE) experience. *Human relations, 74(7)*, 1033-1059. doi:10.1177/0018726720905351

FitzGerald, G. (s.f.). Researcher at Queensland University of Technology, Kelvin Grove, QLD, Australia. https://www-webofscience-com.basesuas.idm.oclc.org/wos/author/record/15025624

Fontalvo-Herrera, T., De La Hoz-Granadillo, E., y Morelos-Gómez, J. (2018). La productividad y sus factores: Incidencia en el mejoramiento organizacional. *Dimensión empresarial*, *16*(1), 47-60. http://dx.doi.org/10.15665/rde.v15i2.1375

Gálvez, C. (2018). El campo de investigación del Análisis de Redes Sociales en el área de las Ciencias de la Documentación: un análisis de co-citación y co-palabras. *Revista general de información y documentación*, *28*(2), 455. DOI: https://doi.org/10.5209/RGID.62834

Gartner, J., Rosa, R. R., Roach, G., Kubo, T., & Takahashi, M. (2019). Working Time Society consensus statements: Regulatory approaches to reduce risks associated with shift work-a global comparison. *Industrial health, 57(2)*, 245-263. doi:10.2486/indhealth.SW-7

George, R., Chiba, M., & Scheepers, C. B. (2017). An investigation into the effect of leadership style on stress-related presenteeism in South African knowledge workers. *SA Journal Of Human Resource Management*, *15(1)*, 1-13. doi:10.4102/sajhrm.v15i0.754

Gillen, P. (s.f.). Nurse https://www-webofscience-com.basesuas.idm.oclc.org/wos/author/record/15260043

Haghi, F., Goli, S., Rezaei, R., Akhormi, F., Eskandari, F., & Isfahani, Z. N. (2022). Study of complexity systems in public health for evaluating the correlation between mental health and age-related demographic characteristics: A general health study. *Journal of healthcare engineering*. doi:10.1155/2022/2117031

Heidarimoghadam, R., Mohammadfam, I., Babamiri, M., Soltanian, A. R., Khotanlou, H., & Sohrabi, M. S. (2020). Study protocol and baseline results for a quasi-randomized control trial: An investigation on the effects of ergonomic interventions on work-related musculoskeletal disorders, quality of work-life and productivity in knowledge-based companies. *International journal of industrial ergonomics, 80*. doi:10.1016/j.ergon.2020.103030

Herrera, S. M., & Huatuco, L. H. (2012). Macroergomonics' contribution to the effectiveness of collaborative supply chains. *Work: A journal of prevention assessment & rehabilitation, 41*, 2695-2700. doi:10.3233/WOR-2012-0513-2695

Horton, N., & Jacobs, K. (2022). How does the working environment transition impact perceived work-related quality of life for postsecondary teachers within the United States? *Work: A journal of prevention assessment & rehabilitation, 71(2)*, 417-421. doi:10.3233/WOR-210819

Howie-Esquivel, J., Do Byon, H., Lewis, C., Travis, A., & Cavanagh, C. (2022). Quality of work-life among advanced practice nurses who manage care for patients with heart failure: The effect of resilience during the Covid-19 pandemic. *Heart & lung, 55,* 34-41. doi:10.1016/j.hrtlng.2022.04.005

Hwang, E. (2022). Factors affecting the quality of work life of nurses at tertiary general hospitals in the context of the COVID-19 pandemic. *International journal of environmental research and public health, 19(8),* 4718. doi:10.3390/ijerph19084718

Iglesias, A. M. G., Salazar, L. G., & Hernandez, C. A. O. (2021). Quality of life at work and sociodemographic aspects in workers reinstated in a Rapid Transit Bus company. *Cuadernos de administración-Universidad del valle, 37(69).* doi:10.25100/cdea.v37i69.10695

Jud, S. M., Brendle-Behnisch, A., Hack, C. C., Preuss, C., Arkudas, A., Horch, R. E., . . . Lux, M. P. (2021). Macromastia: an economic burden? A disease cost analysis based on real-world data in Germany. *Archives of gynecology and obstetrics, 303(2)*, 521-531. doi:10.1007/s00404-020-05841-7

Kaddourah, B., Abu-Shaheen, A. K., & Al-Tannir, M. (2018). Quality of nursing work life and turnover intention among nurses of tertiary care hospitals in Riyadh: A cross-sectional survey. *BMC nursing, 17(1),* 1-7. doi:10.1186/s12912-018-0312-0

Leitao, J., Pereira, D., & Goncalves, A. (2019). Quality of work life and organizational performance: Workers' feelings of contributing, or not, to the organization's productivity. *International journal of environmental research and public health, 16(20),* 3803. doi:10.3390/ijerph16203803

Leitao, J., Pereira, D., & Goncalves, A. (2021). Quality of work life and contribution to productivity: assessing the moderator effects of burnout syndrome. *International journal of environmental research and public health, 18(5),* 2425. doi:10.3390/ijerph18052425

Leonidova, G. V., & Ivanovskaya, A. L. (2021). Working conditions as a factor of increasing its productivity in Russia's regions. *Economic and social changes-facts trends forecast, 14(3)*, 118-134. doi:10.15838/esc.2021.3.75.7

Liberati, E., Richards, N., Willars, J., Scott, D., Boydell, N., Parker, J., . . . Jones, P. B. (2021). A qualitative study of experiences of NHS mental healthcare workers during the Covid-19 pandemic. BMC psychiatry, *21(1),* 1-12. doi:10.1186/s12888-021-03261-8

Mallet, J. (s.f). Psychologist. https://www-webofscience-com.basesuas.idm.oclc.org/wos/author/record/3810548

Manthorpe, J. (s.f.). Professor of social work. https://www-webofscience-com.basesuas.idm.oclc.org/wos/author/record/29232079

Maqsood, M. B., Islam, M. A., Zeb un, N., Naqvi, A. A., Al Qarni, A., Al-Karasneh, A. F., . . . Haseeb, A. (2021). Assessment of quality of work life (QWL) among healthcare staff of intensive care unit (ICU) and emergency unit during COVID-19 outbreak using WHOQoL-BREF. *Saudi pharmaceutical journal, 29(11)*, 1348-1354. doi:10.1016/j.jsps.2021.09.002

Marcellin, F., Cousin, L., Di Beo, V., Mahe, V., Rousset-Torrente, O., Carrieri, P., . . . Duracinsky, M. (2022). Impact of the COVID-19 crisis on healthcare workers: The need to address quality of working life issues. *Respirology*. *27(6)*, 469. doi:10.1111/resp.14265

Martinez-Buelvas, L., Jaramillo-Naranjo, O., & De la Hoz-Dominguez, E. (2021). Factors that affect quality of work life of the millennials linked to the commercial sector in colombia. *Economics & sociology, 14(2)*, 71-84. doi:10.14254/2071-789X.2021/14-2/4

Medina Fernández de Soto, J. E. (2010). Modelo integral de productividad, aspectos importantes para su implementación. *Revista escuela de administración de negocios, (69)*, 110–119. https://doi.org/10.21158/01208160.n69.2010.519

McFadden, P., Neill, R. D., Mallett, J., Manthorpe, J., Gillen, P., Moriarty, J., . . . Ross, J. (2021b) Mental well-being and quality of working life in UK social workers before and during the COVID-19 pandemic: A propensity score matching study. *British journal of social work*. *52*(5), 2814-2833. doi:10.1093/bjsw/bcab198

McFadden, P., Ross, J., Moriarty, J., Mallett, J., Schroder, H., Ravalier, J., . . . Gillen, P. (2021a). The role of coping in the wellbeing and work-related quality of life of uk health and social care workers during COVID-19. *International journal of environmental research and public health, 18(2),* 815. doi:10.3390/ijerph18020815

Moda, H. M., Nwadike, C., Danjin, M., Fatoye, F., Mbada, C. E., Smail, L., & Doka, P. J. S. (2021). Quality of work life (QoWL) and perceived workplace commitment among seasonal farmers in Nigeria. *Agriculture, 11(2),* 103. doi:10.3390/agriculture11020103

Moriarty, J. (s.f.). Lecturer in Social Science and Quantitative Methods at Queen's University Belfast. https://www-webofscience-com.basesuas.idm.oclc.org/wos/author/record/15902729

Morilla-Luchena, A., Munoz-Moreno, R., Chaves-Montero, A., & Vazquez-Aguado, O. (2021). Telework and social services in Spain during the COVID-19 pandemic. *International journal of environmental research and public health*, *18(2)*, 725. doi:10.3390/ijerph18020725

Nagles García, N. (2006). Productividad: una propuesta desde la gestión del conocimiento. *Revista Escuela De Administración De Negocios, (58)*, 87–106. https://doi.org/10.21158/01208160.n58.2006.389

Naranjo Tuesta, Y., Crespo Soler, C., y Ripoll Feliu, V. (2022). Bibliometric and systemic analysis of the relationship between management and carbon. *Cuadernos de Gestión*, *22*(1), 215-228. https://doi.org/10.5295/cdg.211442yn

Navales, J. V., Jallow, A. W., Lai, C. Y., Liu, C. Y., & Chen, S. W. (2021). Relationship between quality of nursing work life and uniformed nurses' attitudes and practices related to COVID-19 in the Philippines: A cross-sectional study. *International journal of environmental research and public health, 18(19),* 9953. doi:10.3390/ijerph18199953

Nguyen, N. H., & Vo, T. Q. (2018). Quality of working life among pharmacists in Vietnam: A preliminary study using an internet-based survey. *Journal of clinical and diagnostic research, 12(6)*, 16-20. doi:10.7860/JCDR/2018/35734.11580

Perez-Zapata, D., Peralta-Montecinos, J., & Fernandez-Davila, P. (2014). Influence of organizational variables in quality of working life of officials public health sector in the Far North of Chile. *Universitas psychologica, 13(2)*, 541-551. https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/32906

Picatoste, X., Aceleanu, M. I., & Serban, A. C. (2021). Job quality and well-being in OECD countries. *Technological and economic development of economy, 27(3)*, 681–703. doi:10.3846/tede.2021.14731

Ripoll Feliu, V., & Diaz Rodriguez, A. (2017). Knowledge transfer and university-business relations: Current trends in research. *Intangible Capital*, *13*(4), 697–719. DOI: http://dx.doi.org/10.3926/ic.990

Ross, J. (s.f.). Pychologist. https://www-webofscience-com.basesuas.idm.oclc.org/wos/author/record/16066837

Sadasivam, P., Preetha, S., Sridevi, G., & Prathap, L. (2021). Influence of COVID-19 on quality of life among nurses treating COVID-19 in Tamil Nadu. *Journal of pharmaceutical research international, 33(58b)*, 267-274. doi:10.9734/JPRI/2021/v33i58B34203

Sperschneider, M. L., Hengartner, M. P., Kohl-Schwartz, A., Geraedts, K., Rauchfuss, M., Woelfler, M. M., . . . Leeners, B. (2019). Does endometriosis affect professional life? A matched case-control study in Switzerland, Germany and Austria. *BMJ Open, 9(1)*. doi:10.1136/bmjopen-2017-019570

Sustacha, I., Baños-Pino, J. F., & del Valle, E. (2022). Research trends in technology in the context of smart destinations: a bibliometric analysis and network visualization. *Cuadernos de Gestión*, *22*(1), 161-173. https://doi.org/10.5295/cdg.211501is

Ulate-Araya, R. (2020). Teleworking and its impact on business productivity and job satisfaction of employees: Recent trends. *Tecnologia en marcha*, *33*, 23-31. doi:10.18845/tm.v33i7.5477

Van Eck, N. J. & Waltman L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84, 523-538. DOI: https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3

Van Gennep, S., de Boer, N. K. H., Gielen, M. E., Rietdijk, S. T., Gecse, K. B., Ponsioen, C. Y., . . . de Boer, A. (2021). Impaired quality of working life in inflammatory bowel disease patients. *Digestive diseases and sciences*, *66(9)*, 2916-2924. doi:10.1007/s10620-020-06647-y

Venkatesh, J., & Aarthy, C. (2013). Assessment and evaluation of production efficiencies in textile industry through quality of work life. *Autex research journal, 13(4)*, 118-121. doi:10.2478/v10304-012-0042-4

Wara, N. G., Rampengan, S. H., Korompis, M., & Rattu, A. J. M. (2018). Correlation between quality of work life (QWL) with Nurse productivity in inpatient room Bhayangkara Tk III Hospital Manado. *Bali medical journal, 7(2)*, 385–392. doi:10.15562/bmj.v7i2.1018

Yadav, M., Kumar, A., Mangla, S. K., Luthra, S., Bamel, U., & Garza-Reyes, J. A. (2019). Mapping the human resource focused enablers with sustainability viewpoints in Indian power sector. *Journal of cleaner production, 210*, 1311-1323. doi:10.1016/j.jclepro.2018.11.132

Yerkes, M. A., Andre, S. C. H., Besamusca, J. W., Kruyen, P. M., Remery, C., van der Zwan, R., . . . Geurts, S. A. E. (2020). 'Intelligent' lockdown, intelligent effects? Results from a survey on gender (in)equality in paid work, the division of childcare and household work, and quality of life among parents in the Netherlands during the Covid-19 lockdown. *PLoS ONE, 15(11)*. doi:10.1371/journal.pone.0242249

Zabrodska, K., Mudrak, J., Kveton, P., Blatny, M., Machovcova, K., & Solcova, I. (2016). Keeping marketisation at bay: The quality of academic worklife in Czech universities. *Sociologicky casopis-czech sociological review, 52(3)*, 347-374. doi:10.13060/00380288.2016.52.3.262

Zahednezhad, H., Zareiyan, A., & Jame, S. Z. B. (2021). Relationship between quality of work-life, resilience and burnout among nursing professionals during COVID-19 pandemic in Iran: A cross-sectional study. *Belitung nursing journal, 7(6)*, 508–515. doi:10.33546/bnj.1702

Zizek, S. S., Mulej, M., & Potocnik, A. (2021). The sustainable socially responsible society: Well-being society 6.0. *Sustainability, 13(16),* 9186. doi:10.3390/su13169186

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

Recebido/Submission: 13/07/2022
Aceitação/Acceptance: 27/11/2022

Predicción de orientación económica de unidades de producción agrícola usando técnicas de minería de datos

Philippe Paul Belmont Guerrón[1], María Hallo[1]

philippe.belmont@epn.edu.ec; maria.hallo@epn.edu.ec

[1] Facultad de Facultad de Ingeniería en Sistemas, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara E11-253 Edif 20, Quito, Ecuador.

Pages: 344-362

Resumen: La creciente disponibilidad de datos históricos permite emplear técnicas de modelamiento para censos y encuestas actualizar la información cuando no aparece en uno de los juegos de datos. Este trabajo propone un framework de minería de datos para el modelamiento de datos de censo-encuesta, con aplicaciones al sector agrícola. Comparamos distintos modelos: regresiones logísticas, gradient boosted trees (XGBoost) o árboles de regresiones y redes neuronales profundas para predecir la orientación económica de las Unidades de Producción Agrícolas - UPAs. Usando métricas de calidad de modelado, se obtuvo una precisión de 85.14 %. El modelo implementado permitió la estimación precisa de la orientación económica de las UPAs sobre una década entre 2002 y 2013. Estos resultados muestran que el framework es ágil para complementar información. Esta metodología puede ser empleada para producir información en vista de políticas a nivel local.

Palabras-clave: Minería de datos; Aprendizaje de máquina; Datos agrícolas.

Prediction of economic orientation of agricultural production units using data mining techniques

Abstract: The growing availability of historical data allows the use of modeling techniques for census and surveys to update information when it does not appear in one of the datasets. This work proposes a data mining framework for modeling census-survey data, with applications to the agricultural sector. We compared different models: logistic regressions, gradient boosted trees (XGBoost) or regression trees, and deep neural networks to predict the economic orientation of Agricultural Production Units - UPAs. Using modeling quality metrics, an accuracy of 85.14% was obtained. The implemented model allowed for accurate estimation of the economic orientation of UPAs over a decade between 2002 and 2013. These results show that the framework is agile in complementing information. This methodology can be used to produce information for local-level policies.

Keywords: Data Mining; Machine learning; Census Survey updating; Agricultural Data.

1. Introducción

El monitoreo de áreas y de la producción agrícola constituye un sistema de información complejo, generalmente impulsados por entidades públicas. En Ecuador, dos fuentes de información existen, por una parte, las Encuestas de Superficie y Producción Agrícola Continua (ESPAC) que se realizan cada año, y por otra los Censos Nacionales Agropecuarios (CNA) realizadas cada 10 años (Otañez 2004). Sin embargo, debido a los altos costos de estos últimos, existe una carencia de información importante en las estadísticas agropecuarias de varios países (Carletto, Jolliffe, and Banerjee 2013), a veces complementadas por métodos de minería de datos.

El objeto de este estudio es de desarrollar e implementar un framework de minería de datos para predecir la orientación económica de unidades de producción, entre actividad agropecuaria y actividad no agropecuaria. Las ESPACs producen una información básica sobre el manejo agropecuario a partir de una sub-muestra del censo, mientras que la información manejada en los censos es más amplia, incluyendo componentes conexos a la producción, como la accesibilidad, ingresos fuera las unidades de producción o provenientes de actividad no agropecuaria. La desagregación de la información de los censos llega a nivel de cantón, mientras que las encuestas proveen estimadores a nivel de provincias o conjunto de provincias para las regiones más remotas de la Amazonia ecuatoriana (Otañez 2004).

Sin embargo, no se han realizado censos agropecuarios desde el año 2000 en Ecuador, y poca información secundaria está disponible para complementar la ESPAC. En este caso, es particularmente interesante investigar las posibilidades de emplear técnicas de modelamiento de datos, y obtener estimadores de los componentes no disponibles en las encuestas continuas, similar a las estimaciones de pequeñas áreas (Pfeffermann 2013).

Para resolver esta carencia de información, se propone emplear métodos de aprendizaje de máquina para complementar encuestas con censos. Estos modelos consisten en aplicar regresiones sobre respuesta observables basadas en un conjunto de variables auxiliares como la ubicación, el tamaño, la orientación de la producción en las Unidades de Producción Agrícola (UPA). Estos modelos se calibran usualmente en base a encuestas, y por construcción, las mismas variables presentes en los censos permiten obtener estimaciones a mayor resolución, para la totalidad de la población (Rao 2003). De esta manera, la actualización de datos consiste usualmente a emplear encuestas basadas de muestreo con información adicional, y los censos son más limitados en alcance (Isidro 2010). También se realizan aplicaciones similares para la producción agropecuaria empleado información de sensores remotos (Singh et al. 2002).

En la configuración del CNA y la ESPAC, estas aplicaciones son particularmente adaptadas, el ESPAC siendo una sub-muestrea representativa del CNA. Este caso particular, se propone usar el censo omitiendo la sub-muestra para entrenar de un modelo y evaluar lo sobre la sub-muestra de la ESPAC como conjunto fuera de muestra. Usando el mismo conjunto de variables auxiliares, se obtienen predicciones en los años sucesivos de las encuestas de la ESPAC (2002-2013), a modo de testeo del modelo.

En los programas de estadísticas públicas, las encuestas proporcionan conjuntos de datos imparciales, probabilísticos y estadísticamente significativos, definidos por muestreo. Se construyen en base a censos de poblaciones completas, para garantizar

la representatividad de estimadores en niveles definidos de desagregación (FAO 2017). Visto desde la perspectiva de aprendizaje de máquina, la actualización censo-encuesta, equivale a una tarea de aprendizaje supervisado.

Estudios previos han demostrado que los modelos de árboles de regresiones logran predecir de forma robusta y con alta precisión variables de salud, hacinamiento y bienestar (Viljanen et al. 2022). Existe muchas ventajas en el uso de modelos de aprendizaje de máquina sobre modelos de estimación tradicionales, dado que estos presuponen restricciones estadísticas previo a su aplicación y habilidades avanzadas en la implementación de estos.

Las limitaciones para abordar este tipo de análisis se concentran en las dificultades para conciliar herramientas aptas para capturar comportamientos no lineales, auto correlación espacial, usar mecanismo de regulación para evitar el over-fitting y tomar en consideración los tiempos de computación que pueden llegar a ser muy largos. En esta investigación proveemos estimaciones de variables de entrono de las UPAs con el uso de ML, árboles de regresión y redes neuronales profundas, mostramos que los modelos alternativos de aprendizaje de máquina permiten obtener resultados robustos mejores que métodos tradicionales.

En una primera parte, expondremos el contexto de la información empleada para el análisis, las fuentes de datos, la formalización del problema de modelado y las posibles metodologías de modelado. En una segunda parte, describimos el framework de minería de datos para finalmente reportar los resultados de su implementación en las etapas de elaboración del framework. En una última parte, se analizan las implicaciones de estos resultados para resolver el problema identificado.

2. Contexto

2.1. Fuente de datos

El proyecto de minería de datos se construyó en torno a la información de los datos de la ESPAC del año 2002 y el censo de 2000. Esta información fue recopilada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos de Ecuador (INEC), siguiendo un riguroso diseño de muestreo y aplicando métodos de encuesta estándar para este tipo de datos agrícolas (Guillermo Otañez 2008). Los datos se separaron en dos conjuntos de datos (ver figura 1):

- El conjunto de censo (excluido el subconjunto de encuesta) con 115303 observaciones, empleado como conjunto de entrenamiento, y,
- El conjunto de datos de encuestas, con 38803 observaciones, empleado como conjunto de validación.

Previos estudios han mostrado que métodos de Estimación de Áreas Pequeñas son especialmente adecuados para modelar información de encuestas con datos de censos (Haslett 2013). Sin embargo, en nuestro caso, buscamos emplear datos censales sobre conjuntos de encuestas y aparece más pertinente el uso de regresiones, por la cantidad de datos de entrenamiento y la disponibilidad de variables socio-económicas auxiliares. Pudimos entrenar en este estudio, modelos prediciendo la orientación económica de las UPAs en términos de ingreso agropecuario usando covariables.

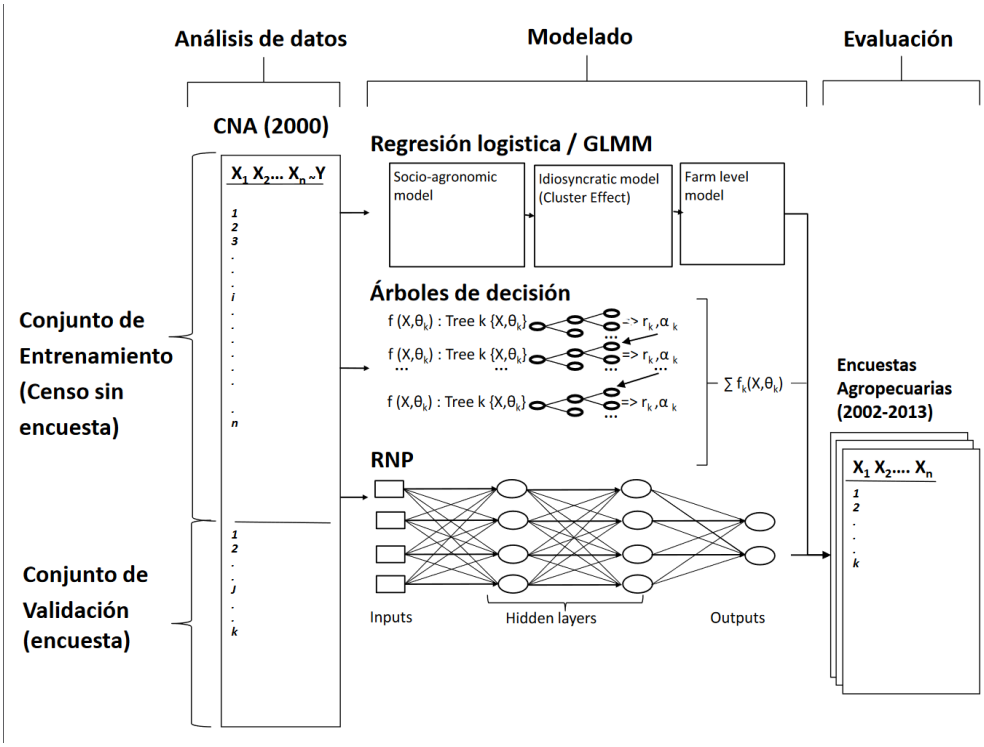


Figura 1 – Flujo del Modelado de datos

2.2. Modelos

Entrenamos un modelo basado en los indicadores agrícolas observados en el censo agropecuario del 2000. Luego usamos este modelo para predecir las respuestas faltantes de las encuestas anuales de superficies y producción agrícola y generar predicciones para cada observación de la encuesta. Desde una perspectiva de aprendizaje automático, es una tarea de aprendizaje supervisado (ver figura 1).

Supongamos que tenemos un conjunto de N individuos denotados por $[N] = 1,2,\ldots N$ .La encuesta es un subconjunto $I \subset [N]$ de n individuos de esta población. Del conjunto de datos administrativos obtenemos un vector de d características $x_i \in \mathbb{R}^d$ para cada individuo i .

Del conjunto de datos del censo obtenemos respuestas $yi \in \mathbb{R}$ (regresión) si el individuo estaba en el censo $(i \in I)$ o $y_i = NA$ en caso contrario.

El objetivo del aprendizaje supervisado es aprender una función desconocida $f: \mathbb{R}^d \rightarrow 0,1$ a partir de un conjunto de ejemplos de entrenamiento $D = (xi, yi)_{i \in I}$, cada uno de los cuales consta de un vector de entrada $xi \in \mathbb{R}^d$ y una salida asociada que puede ser binaria y $i \in 0,1$ o de valor real $yi \in R$. Esta función debe aproximar la función verdadera desconocida $yi \approx f(xi)$ en los datos de entrenamiento $i \in I$ con el objetivo

de generalizar a nuevos datos $i \in I$ que no se ve en la fase de entrenamiento. Al predecir la prevalencia o la calificación promedio usaremos las respuestas observadas cuando estén disponibles en la encuesta y las predicciones del modelo para cada individuo que no esté en la encuesta. Por lo tanto, el predictor $y * i$ se define como:

$$y_i^* := \begin{cases} y_i^* & i \in I \\ f(x_i) & i \notin I \end{cases} \tag{1}$$

Dada una partición de individuos en $r = 1, \ldots, K$ regiones geográficas mutuamente excluyentes Rr , donde $R1 \cup \ldots \cup RK = [N]$ y $Rr \cap Rs = \emptyset$ si $r \neq s$, calculamos la prevalencia pronosticada o la calificación promedio en cada región simplemente como el promedio:

$$\mathrm{p_r} = \frac{1}{||\mathbb{R}_r||} \sum_{i \in \mathbb{R}^d} y_i^* \tag{2}$$

Los intervalos de predicción independientes del modelo se pueden determinar de la siguiente manera. El objetivo es calcular $b = 1, \ldots, B$ estadísticos bootstrapped $p(b)r$ para la verdadera media en cada región, y tome sus intervalos de percentil del 95% como intervalos de predicción. Para cuantificar la incertidumbre del modelo, volvemos a muestrear los datos de entrenamiento como conjuntos de datos $D(b)Bb = 1$ y denotamos un modelo entrenado en cada uno como $f(b)$. La incertidumbre del resultado en la clasificación es un ensayo de Bernoulli $yi \sim Bern(pi)$ de la probabilidad verdadera pi y asumimos que el resultado en la regresión sigue una distribución normal y $i \sim N(\mu_i, \sigma_i^2)$ dada la media verdadera μ_i y la varianza σ_i^2 . Los resultados son independientes dados sus verdaderos medios.

Para la selección de modelos, nos basamos en la literatura y retuvimos 4 tipos de modelos: de regresión logística, generalizado con efectos mixtos, considerando efecto de diseño de muestreo, un modelo de árboles de decisión y redes neuronales profundas.

2.2.1. Modelo Nulo: regresión logística

La regresión logística unidimensional puede usarse para tratar de correlacionar la probabilidad de una variable cualitativa binaria (asumiremos que puede tomar los valores reales “0” y “1”) con una variable escalar x (Wright 1995). La idea es que la regresión logística aproxime la probabilidad de obtener “0” (no ocurre cierto suceso) o “1” (ocurre el suceso) con el valor de la variable explicativa x.

En este caso, consideramos como respuesta una variable binaria, dependencia o no a ingresos no agropecuario $Y = [y_i]$ de las UPAs entrevistadas y una serie de variables socio-económicas y agropecuarias asociadas a la respuesta.

En esas condiciones, la probabilidad aproximada del suceso se aproximará mediante una función logística del tipo:

$$\pi(x) = \frac{1}{e^{-(\beta_0 + \beta_1 x)} + 1} \tag{3}$$

que puede reducirse al cálculo de una regresión lineal para la función logit de la probabilidad:

$$g(x) = \ln \frac{\pi(x)}{1-\pi(x)} = \beta_0 + \beta_1 x, \tag{4}$$

o una regresión exponencial:

$$\frac{\pi(x)}{1-\pi(x)} = e^{(\beta_0+\beta_1 x)}. \tag{5}$$

Considerando que los datos analizados son muestreos significativos, es también relevante explorar la posibilidad de emplear modelos mixtos, descritos a continuación.

2.2.2. Modelos lineales generalizados mixtos

Los modelos lineales mixtos generalizados son una extensión de los modelos lineales generalizados, en los cuales el predictor lineal contiene efectos aleatorios en adición a los efectos fijos (Breslow and Clayton 1993). Permite analizar datos correlacionados en casos que exista un efecto de clúster. Este tipo de modelos es especialmente interesante para el modelamiento de datos de encuestas, usualmente estratificadas y etápicas (Cnaan, Laird, and Slasor 1997). En estos casos, el efecto del diseño muestral puede ser modelado con este tipo de formulaciones. Esto permite resolver casos donde la heterocedasticidad de la varianza incluyendo estrato o unidades de muestreo como factores aleatorios.

$y = X_\beta + Z_u + \epsilon$ donde y es la respuesta como en el caso precedente, pero a parte de una matriz X de variables predictivas, con β efectos fijos coeficientes de regresión, Z es una matriz de diseño de q efectos aleatorios donde u son los coeficientes de los efectos aleatorios y ϵ los residuos o parte no explicada de y por el modelo. árboles de decisiones, y redes neuronales profundas.

2.2.3. Árboles de decisión

XGBoost es un algoritmo e aprendizaje de máquina que provee un framework de boosting de gradiente (Chen et al. 2015) y permitiendo realizar tareas de aprendizaje supervisado. Este algoritmo que usa uno método de optimización Newton-Raphson, con una aproximación de Taylor de segundo orden en la función de pérdida.

Un algoritmo XGBoost genérico, sin regulación, se puede definir en tres etapas principales. En entrada del modelo se define con un conjunto de entrenamiento: $\{(x_i, y_i)\}_{i=1}^{N}$, una función de pérdida diferenciable $L(y, F(x))$, y M y una tasa de aprendizaje α.

Se inicializa después el modelo con un valor constante:

$$\hat{f}_{(0)}(x) = \underset{\theta}{\operatorname{argmin}} \sum_{i=1}^{N} L\,(y_i, \theta). \tag{6}$$

En un segundo tiempo para $m = 1$ a M:

2.1. Se calculan los gradientes $\hat{g}_m(x_i)$ y hessianas $\hat{h}_m(x_i)$:

$$\hat{g}_m(x_i) = \left[\frac{\partial L(y_i, f(x_i))}{\partial f(x_i)}\right]_{f(x)=f_{(m-1)}(x)}. \tag{7}$$

$$\hat{h}_m(x_i) = \left[\frac{\partial^2 L(y_i, f(x_i))}{\partial f(x_i)^2}\right]_{f(x)=f_{(m-1)}(x)}. \tag{8}$$

2.2. Ajuste un base learner usando el conjunto de entrenamiento

$$\left\{x_i, -\frac{\widehat{g_m}(x_i)}{\widehat{h_m}(x_i)}\right\}_{\{i=1\}}^{N} \tag{9}$$

resolviendo el siguiente problema de optimización:

$$\widehat{\phi_m} = arg \min_{\phi \in \Phi} \sum_{\{i=1\}}^{\{N\}} \frac{1}{2} \widehat{h_m}(x_i) \left[\frac{\widehat{g_m}(x_i)}{\widehat{h_m}(x_i)} - \phi(x_i)\right]^2. \tag{10}$$

2.3. Actualice el modelo:

$$\hat{f}_m(x) = \hat{f}_{m-1}(x) + \hat{f}_m(x) \tag{11}$$

Se obtiene de salida:

$$\hat{f}(x) = \hat{f}_{(M)}(x) = \sum_{m=0}^{M} \hat{f}_m(x). \tag{12}$$

Este algoritmo presenta varias ventajas: maneja valores perdidas en el modelo en vez de emplear técnicas de imputación, y permite ahorrar mucho tiempo en pre-procesamiento de los datos, especificación del modelo y predicción en comparación con otras técnicas (Li et al. 2019).

2.2.4. Redes neuronales profundas

Las redes neuronales profundas (RNP) son métodos de aprendizaje de máquina basados en redes neuronales artificiales (Rosenblatt 1958), que involucran en su arquitectura varias capas de entrada y salida. Permiten modelar relaciones no lineales complejas (Ripley and Hjort 1996). El modelo general se formaliza de la siguiente forma: $y(x, w) = f\left(\sum_{j=1}^{M} w_i\, \psi j(x)\right)$ donde $f(.)$ es una función no lineal de activación o la función identidad en el caso de una regresión. Las redes neuronales son extensiones de estos casos en los cuales la función base $\psi(j)$ se define como dependiente de parámetros ajustables a mismo tiempo que sus coeficientes wj. Una red neuronal usa funciones basales que siguen la misma forma de tal manera que la función como tal es una función no lineal de combinaciones de datos de ingreso donde los coeficientes en la combinación lineal son parámetros adaptativos.

Esto lleva a un modelo de redes neuronales básico que puede describirse en una serie de transformaciones. Primero se construye una conjunto de M combinaciones lineales de variables de $x1, \ldots, xD$ de la forma: $a_j = \sum_{i=1} w_{ji}^{(1)} * x_i + w_{j0}^{(1)}$ donde $j = 1,2, \ldots, M$ y el exponente entre paréntesis (1) indica que el parámetro correspondiente está en la primera capa de la red. Nos referimos a los parámetros wji y wjo como pesos y sesgos (Bishop 1995). La cantidad aj son activaciones que son transformadas mediante un función no lineal diferenciable $h(.)$ dando: $zj = h(aj)$.

Estas cantidades corresponden a la salida de la función de base (ver primera ecuación) llamados unidades ocultas. La función no lineal $h(.)$ son generalmente sigmoidales como la función logística. Esos valores son consecutivamente combinados para obtener unidades de activaciones de salida:

$$a_k = \sum_{j=1}^{M} w_{kj}^{(2)} z_j + w_{k0}^{(2)} \tag{13}$$

donde $k = 1, \ldots, K$, y K es el total de observaciones. Esta transformación corresponde a la segunda capa de la red, y como en la primera capa $w^{(2)}$ y $w_{k0}^{(2)}$ corresponde a los pesos y sesgos respectivamente. Finalmente, las salidas de las unidades de activación son transformadas por una función de activación apropiada según la naturaleza de la variable de respuesta y_k. La selección de la función depende de también de la distribución de esta variable de respuesta con consideraciones similares a las de modelos de regresión lineal.

A continuación, se describe el framework de minería de datos elaborado para resolver la problemática.

3. Framework de minería de datos

El framework de datos propuesto sigue una adaptación al proceso Cross Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM), propuesto por (Chapman et al. 1999) en los años noventa. Este proceso sigue seis fases desarrollo (ver figura 2).

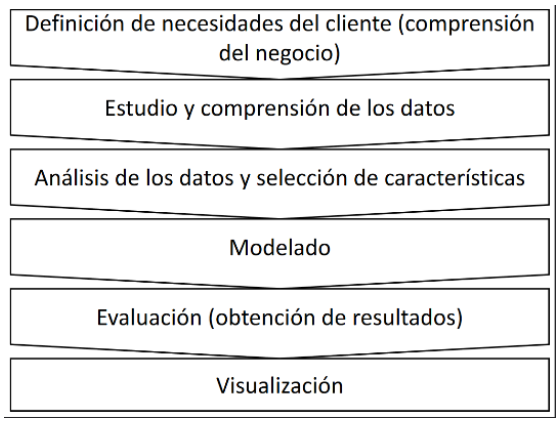


Figura 2 – Framework de minería de datos

La fase inicial del problema en la minería de datos consiste en comprender el dominio de aplicación del problema (Business Understanding). Identificar el contexto de aplicación de modelos de aprendizaje de máquina ayudará a identificar soluciones para el contexto de información agrícola. En la fase de preparación de datos, se emplean técnicas de preprocesamiento en vista de la construcción de modelos. Estas técnicas consisten en: la limpieza de datos, la selección de atributos, la transformación de datos, para la posterior construcción de modelos y su evaluación. La construcción de modelos en este proceso es la clave para obtener modelos efectivos para satisfacer el problema planteado. Este modelo debe proveer estimaciones precisas de las variables objetivos a predecir En la fase de evaluación del modelo, se reportan métricas de efectividad y calidad para mejorar su desempeño. Finalmente, la última fase consiste en reportar de forma gráfica los resultados de las estimaciones realizadas.

4. Implementación

4.1. Comprensión del negocio

Trabajos de investigación (Bouchakour and Saad 2020) para predecir el trabajo fuera de UPAs han podido identificar los factores principales relacionados al ingreso y la diversificación de actividades en los hogares rurales. Se identifica principalmente el capital humano (educación, diploma, mano de obra familiar, hombre, mujer), las características del jefe de la UPA (edad, sexo) y el nivel de ingreso agropecuario. En el estudio realizado en Argelia se incluyó percepciones del productor en cuanto a la producción, el equipamiento (tractor auto, vehículo, equipamiento, riego), y el tamaño finca (tierras cultivables, tierras irrigadas).

El ingreso no agropecuario puede observarse en base a dos variables presentes en las bases de datos del censo agropecuario: la declaración del productor si la mayor fuente de ingreso fue agropecuaria, y la proporción de horas dedicadas a actividades dentro de la UPA en relación al total de horas laborales declaradas. Ambas variables proponen una medición de la orientación agrícola de la UPA. La declaración de fuente de ingreso no tiene valores perdidos, pero en el caso de la declaración de horas trabajadas en cambio, un 26 % de la información no ha sido levantada durante del censo. Pese a no tener detalle cuantitativo en el primer tipo de respuesta, emplearemos este debido al importante nivel de datos faltantes en la medición de horas.

Tipología	% de UPA con ingreso pecuario principal
UPA familiar de subsistencia	51.6%
UPA familiar mercantilizadas	84.0%
UPA patronales	78.7%
UPAs Capitalistas	85.1%
Haciendas (extensiones Q5)	83.3%

Tabla 1 – Repartición de las upas con ingreso principalmente pecuario por UPAs

Se observa que, en la tipología de UPA con menor capacidad de producción, el porcentaje de UPA con ingreso pecuario predominante solo alcanza 51% (ver tabla 1), mientras que las demás tipologías alcanzan más de 78.7%. es relevante observar que en el caso de las UPA patronales (donde se contratan personas fuera del círculo familiar), 78.7 % de las UPAs son mayormente dependientes de la actividad agrícola, mientras que en las unidades familiares mercantilistas (con venta al mercado, y solo con mano de obra familiar) es mayor el porcentaje alcanzando 84.0 % en promedio. Para las dos tipologías restantes: Capitalistas y de extensiones grandes (pertenecientes al quintil 5 de distribución de área total de la UPA) el porcentaje es similar con 85.1 % y 83.3 % respectivamente.

4.2. Estudio y Comprensión de los datos

Se describen en esta sección las fuentes de datos empleadas para la elaboración de los modelos, las variables objetivos de los modelos, y las variables auxiliares.

Durante el último censo agrícola, algunas variables claves de las unidades de producción han sido levantadas. Se aplicaron formularios específicos para describir los equipos, maquinarias e instalaciones de la UPAs y también, la comercialización y transporte de la UPAs (accesibilidad), disponibilidad de asistencia técnica y afiliación a organizaciones, y fuente de ingreso, y horas laborales.

Este este estudio nos concentramos en la variable de fuente de ingreso. El alcance de esta metodología podría ser aplicable a mayor diversidad de datos, involucrando la producción de información entre censos y encuestas, siempre y cuando se pueda formalizar el problema como un problema de aprendizaje supervisado de datos. También se podría emplear esta metodología como sistema de predicción automática de datos.

Tres bases de datos han sido empleadas: la base de parcelas productivas, la base de características generales de la UPA, la base de superficies en la UPA.

Para el conjunto de variables auxiliares, las encuestas proveen anualmente la información entre el año 2002 hasta 2021. Se encuentra resumida en la tabla 2, una descripción del tipo y número de observación en los conjuntos de entrenamiento y validación, y porcentaje de valores perdidos.

Pese a que el conjunto de validación es constante en el tiempo, con un diseño muestral que corresponde a las mismas áreas en cada año, precedentes encuestas han demostrado la dificultad de emparejar juegos de datos de este tipo entre año y año. El objetivo se restrinjo aquí a implementar modelos predictivos para estimar variables ausentes de las encuestas.

Grupo	Código	Variable	Tipo	% valores perdidos
Características	sexo	Sexo del productor	binaria	-
Socio-	edad_pp	Edad del productor	numérica	-
económicas	edad_p2	Edad del productor al cuadrado	numérica	-
	edu1	Educación de la persona productora	categórica	-

Grupo	Código	Variable	Tipo	% valores perdidos
	edu_ag	Educación agropecuaria (años)	numérica	-
	k12fmas	Mano de obra masculina	numérica	-
	k12ffem	Mano de obra femenina	numérica	-
	empl_ha	Número de empleados totales	numérica	-
	lab_prm	Número de permanentes	numérica	-
	tenur1	Tipo de tenencia de la tierra	categórica	-
	clas1	Tipología global de las fincas	categórica	-
	agsell	% de la producción de cultivos vendida	numérica	18.20%
	ansell	% de la producción pecuaria vendida	numérica	17.60%
Características	regio1	Región	categórica	-
de la finca	strat01	Estrato muestral	categórica	-
Características	riegh	% de tierra con riego	numérica	-
agropecuarias	ferth	% de tierra con fertilización	numérica	-
	fitoh	% de tierra con uso de fito sanitarios	numérica	-
	sum_ganad	Suma de animales	numérica	-
	auha	Número de animales por hectárea	numérica	-
	lpv	Litro por vacas	numérica	-
	eq_t	Total de equinos	numérica	-
Uso del suelo	divtot	Diversidad total	numérica	-
	isimp	Indice de simpson (agrobiodiversidad)	numérica	4.10%
	s_barbec	Superficie en barbecho	numérica	-
	s_pasttot	Superficie en pastos	numérica	-
	s_culttot	Superficie en otros cultivos	numérica	-

Tabla 2 – Descripción de las variables

Grupo	Código	Variable	Tipo	% valores perdidos
Descripción	ctv_cr1	Tipo de cultivo en la parcela	categórica	-
de los cultivos	ctv_cven	Cantidad vendida en la parcela	numérica	11.33%
	ctv_fert	Uso de fertilización en la parcela	binaria	11.30%
	ctv_fito	Uso de fito-sanitarios en la parcela	binaria	19.74%
	ctv_rieg	Uso de riego en la parcela	binaria	19.74%

Grupo	Código	Variable	Tipo	% valores perdidos
	ctv_asem	Año de siembra del cultivo en la parcela	numérica	7.60%
	ctv_ccos	Cantidad cosechada en la parcela	numérica	9.56%
	ctv_mcos	Mes de cosecha del cultivo en la parcela	numérica	44.08%
	ctv_msem	Mes de siembra del cultivo en la parcela	numérica	43.73%
	ctv_scos	Superficie cosechada en la parcela	numérica	7.73%
	ctv_semi	Tipo de semilla empleada en la parcela	categórica	26.00%
	ctv_ssem	Superficie sembrada en la parcela	numérica	9.00%

Tabla 2 – Descripción de las variables (continúa)

4.2.1. Base de Cultivos

De esta base de datos se han extraído los principales componentes de producción: el código del cultivo, fechas de siembra y cosecha, uso de insumos agrícolas, cantidades y áreas, sembradas y cosechadas. Para obtener información sintética se resumieron los cultivos en la primera parcela, resumiendo 30 % del total de superficies cultivadas. De estas parcelas, para reducir la dispersión de los datos se clasificaron los cultivos en 10 categorías principales, captando 63.4 % de los cultivos.

4.2.2. Base de características generales de la finca

Esta información resume la composición del hogar y de los trabajadores familiares, por sexo y edad, el detalle de los trabajadores permanentes y ocasionales, y contiene características de la persona productora de la UPA: edad sexo educación, educación agropecuaria y edad.

4.2.3. Base uso del suelo

En esta base de datos se describen en detalle las áreas bajo la responsabilidad de los productores. Se reportan para cada terreno las superficies según el uso: pastos, cultivo perennes y transitorios, terrenos en descanso y superficies con cobertura natural o de bosques y páramos. Esta información es muy relevante para relacionarla con la intensidad del uso del suelo y se relaciona estrechamente con la orientación económica de las UPAs.

4.3. Análisis de los datos y selección de características

Para la selección de variables se empleó un algoritmo de exploración que realiza la mejor selección de subconjuntos al identificar el mejor modelo que contiene un número dado de

predictores, donde el mejor se cuantifica mediante RSS. El algoritmo permitió confirmar el uso de variables identificadas en la revisión de literatura y añadir componentes adicionales, generando el mejor conjunto de variables para cada tamaño de modelo (Hofmann et al. 2020). El número de observaciones alcanza un total de 154710 unidades productivas, con 115907 en el conjunto de entrenamiento (censo) y 38803 en el conjunto de entrenamiento (encuesta).

Algunas variables categóricas fueron agrupadas para para considerar cambio de representatividad entre censos y encuestas. En efecto la cantidad de estratos fue modificada por limitaciones de operativo de campo, con menores segmentación en la región amazónica. También se añadieron las variables categóricas de región, clasificación general del tipo de finca, y tipo de tenencia de la tierra.

4.4. Modelado

En esta fase se entrenaron los cuatro modelos estadísticos: regresión logística, regresiones generalizadas mixtas, árboles de regresión y redes neuronales.

Para los árboles de regresión se evaluar en una primera fase distintos parámetros mediante validación cruzada, se determinó una profundidad de 5, con 126 épocas.

Para redes neuronales se aplicaron previo análisis una normalización de los datos, y el modelo retenido consistió en 4 capas secuenciales con la siguiente arquitectura (c1: 256, c2: 124, c3: 64, c4: 6) empleado regularización mediante dropout, error cuadrado medio como función de perdida. El entrenamiento del modelo se realizó con un batch size de 124 con 20% del conjunto para testeo. Para impedir fenómenos de over-fitting, se usó un optimizador, adagrad, para evitar la sobre parametrización del modelo con una taza de aprendizaje de 10^{-4} y paro temprano del modelo cuando el aprendizaje no presentaba mejora significativa. El resultado final de los modelos esta medido en término de precisión, exhaustividad, y valor-F.

4.5. Evaluación

Modelo	AIC	logLik	deviance	df.resid
GLMM	105832.7	-52846.4	105692.7	115837
GLM	105900	-52868.1	115823	115823

Tabla 3 – Resultado del modelo de regresión logística y modelo generalizado mixto

El modelo de regresión logística (GLM) y regresión mixta (GLMM) no produjeron resultados muy distintos, presentado altos niveles de precisión (83.9 % y 84.0 % respectivamente). Sin embargo, al añadir efectos mixtos considerando la estratificación de los datos, el criterio de información de AIC muestra que el modelo GLMM es mejor para representar los datos (ver tabla 3).

Al observar la distribución de residuos versus valores esperado (ver figura 3), vemos que los dos modelos producen valores muy similares. En el modelo de XGBoost, después de

la fase de entrenamiento se obtuvo un conjunto de árboles de decisión. Cada variable contribuye en un grado distinto en la importancia de la construcción el árbol (representado en el gráfico de la figura 4) donde aparecen como variable de mayor importancia las tipologías de agricultura familiar de subsistencia, la cantidad vendida (cven), ambas variables son determinantes de las grandes líneas de orientación de la producción en las UPAs. En el segundo nivel de decisión aparecen variables de superficies y cantidad de trabajadores familiares, describiendo la disponibilidad de factores de producción en las UPAs y menos fácil de interpretar, la cantidad de equinos en la UPA.

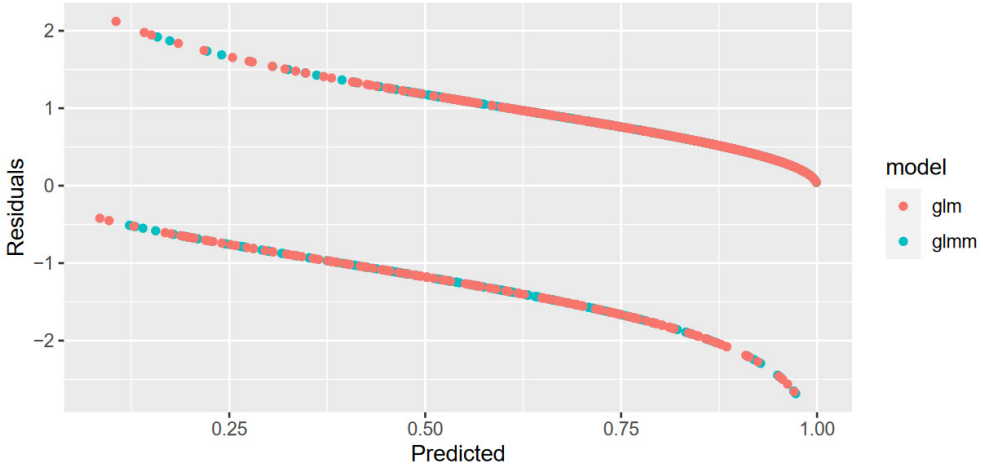


Figura 3 – Resultado del modelo de regresión logística y modelo generalizado mixto

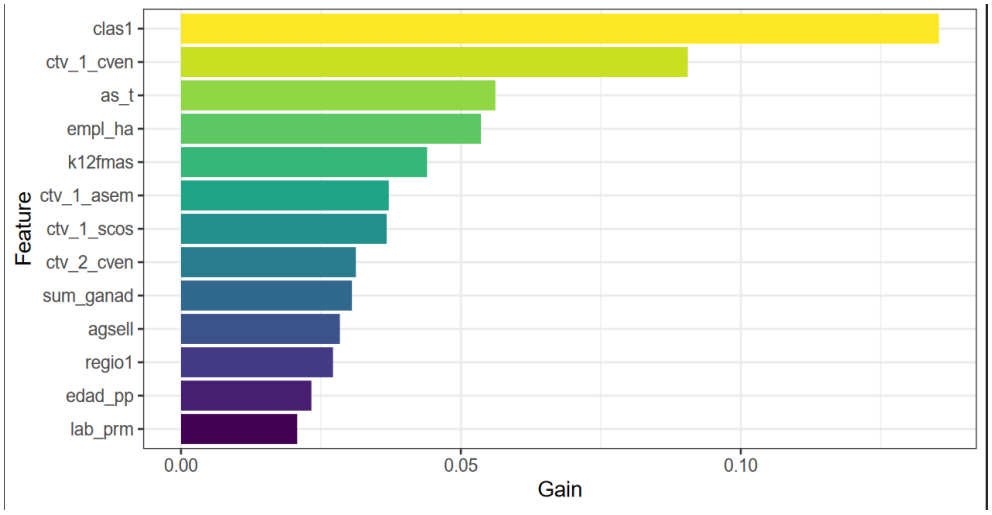


Figura 4 – Resultado del modelo de árboles de regresión

El modelo de redes neuronales, se obtuvo una convergencia de la precisión entre el entrenamiento y la validación, y pese a tener una perdida ligeramente superior en la validación, los resultados en la fase de testeo muestran una mejora substancial del modelo (ver figura 5). La precisión de modelo muestra un ligero incremento en la fase de validación, pero no llega a convergencia después de 200 épocas.

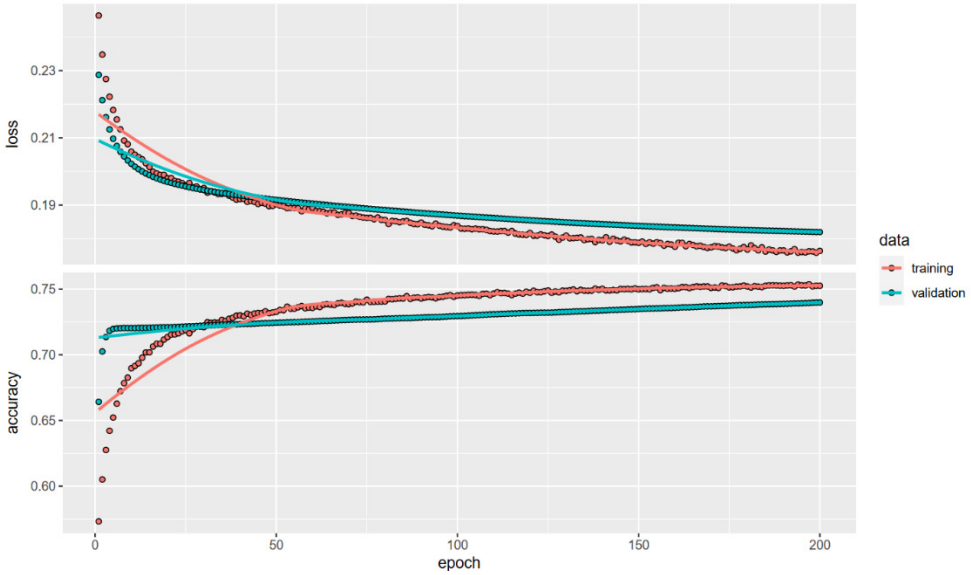


Figura 5 – Resultado del modelo de RNP

El conjunto de modelos es analizado en la última fase.

4.6. Visualización

Entre los modelos elegidos, las redes neuronales profundas presentaron los mejores resultados (ver tabla 4), sin embargo, el modelo de árboles de decisión tiene más ventajas en cuanto a la facilidad de implementación. Resultaron ser también modelos computacionalmente eficientes con menos de un minuto de tiempo de cálculo.

Modelo	GLM	GLMM	XGboost	RNP
Precisión	83.92	84	84.62	85.14
Exhaustividad	96.8	97.34	97.76	98.12
F1	91.26	91.3	91.67	92.74
Implementación	+	-	++	+
Overfitting	+	+	++	+++
tiempo	< 1 minuto	3 horas	2.3 minutos	42 minutos

Tabla 4 – Evaluación de los modelos implementados

En comparación, el modelo que necesito mayor trabajo de implementación y tiempo de computación fue los modelos GLMM.

Las diferencias entre los modelos muestran que, en términos prácticos, los árboles de decisión son más eficientes. El modelo de redes neuronales alcanza 85.14 % de precisión, pero requiere una fase de implementación y parametrización más larga, requiriendo más tiempo de prueba y error.

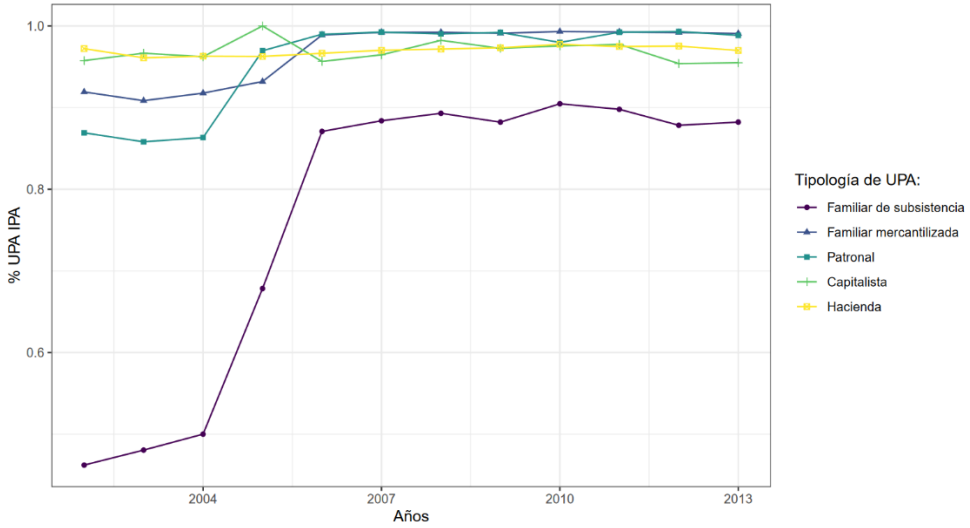


Figura 6 – Estimación del modelo sobre el periodo 2002-2013, porcentaje de UPAs con Ingreso Agropecuario Predominante (UPA IPA)

Con el modelo de mayor poder predictivo se realizar predicciones sobre 13 años de 2002 a 2013 sobre los datos de las encuestas ESPAC (ver figura 6). Observamos que la tipología de UPAs familiar subsistencia conoce un fuerte incremento de la orientación agropecuaria durante los años 2005-2007, que corresponde a un periodo de recuperación de crisis económica en Ecuador. También, las tipologías de UPAs capitalistas y haciendas mantienen la misma composición (cerca del 95% de UPAs) mientras que las categorías de UPAs restantes (familiar mercantilizada y patronal) conocen una re-orientación hacia la actividad agropecuaria, pero en menor variación de la UPAs de subsistencia, más vulnerables durante la crisis del 2000.

5. Conclusión

En este artículo se propone una adaptación de framework de minería de datos eficiente para predecir el ingreso no agrícola en UPAs en encuestas. Se propone una metodología de modelamiento de datos en el contexto de la información para estadísticas agropecuaria nacionales, prediciendo con alta precisión la orientación de las unidades de producción agrícola. La extracción del conocimiento se plasma en la identificación de UPAs con

orientación principalmente agrícola o donde existen una pluri-actividad importante en la economía de la UPA.

El ingreso externo a las UPAs fue modelado en base a conjuntos de variables identificadas en la literatura para contextos similares y por búsqueda sistemática. Resultante de este modelo, se logró extraer conocimiento adaptando la fase de selección de características de bases de estadísticas agrícolas. Por otra parte, el ejercicio de modelado incluyo la comparación de distintas técnicas de aprendizaje de máquina: regresión logística, modelos mixtos generalizados, árboles de decisión y redes neuronales profundas. Se empleó medidas de precisión, exhaustividad y valor F para evaluar los modelos construidos.

Las redes neuronales mejoraron la precisión de las predicciones (85.14 %) en relación al modelo genérico de regresión logística (83.92 %). En cuanto al modelo de árboles de regresión, mucho más ágiles de implementar en comparación con los tres otros modelos evaluados. Entre el modelo más complejo de implementar y el más ágil, se encontró una precisión del 84 % con modelos logísticos mixtos, en comparación 84.62 % con el modelo de árboles de decisión. Hemos utilizado árboles de decisión potenciados por gradientes, como se implementó en el paquete R 'XGBoost', como un método de aprendizaje automático para proporcionar estimaciones de censo-encuesta para encuesta de estadísticas agropecuarias en Ecuador. Las variables de respuesta provienen del censo y las características provienen de un conjunto de datos de registro de variables de producción y socio-económicas. Estas respuestas están disponibles solo para el conjunto del censo, pero los datos de encuestas están disponibles anualmente para toda las ESPAC. Por lo tanto, las respuestas faltantes de la encuesta pueden predecirse mediante un modelo entrenado en las respuestas observadas, y estas predicciones se agregan a la prevalencia pronosticada o calificación promedio en cada encuesta. El aprendizaje automático tiene múltiples beneficios: un único método de aprendizaje automático puede aprender la tarea de predicción en cuestión de minutos con una precisión similar a la de los modelos especialmente diseñados para la estructura de las encuestas y censos agropecuarios. Los árboles de decisión potenciados por gradientes pueden mejorar ligeramente la precisión y mejorar drásticamente el tiempo de entrenamiento y predicción. Los híper-parámetros predeterminados funcionaron bien y el ajuste logró solo una pequeña mejora en el rendimiento. Los árboles de decisión no tuvieron igual en la simplicidad y facilidad de uso. El estadístico no tiene que realizar un proceso de especificación de modelo complejo, lento y propenso a errores. El método aprende automáticamente efectos de características no lineales. Con el framework de datos aplicado a la información agropecuaria, el modelo de aprendizaje de máquina permite actualizar información usualmente ausente en países donde los recursos estadísticos son escasos y los periodos inter-censales muy grandes. Pudimos detectar adecuadamente la orientación de la UPAs dado variables auxiliares genéricas disponibles en encuestas. El resultado de este trabajo son predicciones de la composición del ingreso, mayormente agropecuario o no.

Con framework automático de estimación de variables complejas de obtener, se podría completar y apoyar la clasificación de UPAs en las regiones para desarrollar políticas públicas más eficientes para el desarrollo agropecuario. Se recomienda analizar otras variables de importancia para elaborar tipologías de UPAs relevantes para las políticas

públicas y en adición a campañas de levantamiento de información puntualmente para proveer una información actualizada a menudo ausente de las estadísticas de encuestas agrícola. También, la inclusión de características socio-económicas en las encuestas anuales es indispensable para entender la diversidad de estrategias de la agricultura ecuatoriana, y proveer un marco suficiente para realizar estimaciones de datos a menor costo. El presente trabajo contribuyo a responder las preguntas sobre la actividad agropecuaria: ¿qué variables contribuyen en UPAs donde predomina el ingreso agrícola? Consecutivamente abre otras problemáticas: ¿Cuál sería la importancia de la productividad para la agricultura de pequeña y mediana escala? ¿Qué soluciones proponer para reactivar la producción en estas tipologías de UPAs? Este estudio presenta una framework para una aplicación ágil que concurre a resolver estas interrogantes.

También, podría ayudar a determinar que unidades de producción podrían beneficiarse de programas de apoyo o acceso a recursos para mejorar la productividad en sus unidades de producción y estudiar las razones por las cuales las UPAs no responden a ciertos incentivos de políticas públicas. En futuros trabajos se comprobará la validez de este modelo en el tiempo obteniendo otros puntos de validación (ESPAC 2019), y se empleará este framework para implementar predicciones de variables adicionales y enriquecer juegos de datos donde falta información sobre estrategias de pluri-actividad et las económicas de las UPAs en Ecuador.

Agradecimientos

Los autores reconocen haber recibido la siguiente ayuda financiera para completar la investigación de este artículo: el programa de estudio PDI MSC, de la unidad UMI 209 UMMISCO [CC/KB/PDI/2015/5].

Referencias

Bishop, Christopher M. 1995. *Neural Networks for Pattern Recognition*. Oxford university press.

Bouchakour, Radhia, and Mohammed Saad. 2020. “Farm and Farmer Characteristics and Off-Farm Work: Evidence from Algeria.” *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 64 (2): 455–76. https://doi.org/10.1111/1467-8489.12349.

Breslow, Norman E., and David G. Clayton. 1993. “Approximate Inference in Generalized Linear Mixed Models.” *Journal of the American Statistical Association* 88 (421): 925.

Carletto, Calogero, Dean Jolliffe, and Raka Banerjee. 2013. “The Emperor Has No Data! Agricultural Statistics in Sub-Saharan Africa.” *World Bank Working Paper*.

Chapman, Pete, Julian Clinton, Thomas Khabaza, Thomas Reinartz, and Rüdiger Wirth. 1999. “The CRISP-DM Process Model.” *The CRISPDM Consortium* 310: 91.

Chen, Tianqi, Tong He, Michael Benesty, Vadim Khotilovich, Yuan Tang, Hyunsu Cho, and Kailong Chen. 2015. “Xgboost: Extreme Gradient Boosting.” *R Package Version 0.4-2* 1 (4): 14.

Cnaan, Avital, Nan M. Laird, and Peter Slasor. 1997. "Using the General Linear Mixed Model to Analyse Unbalanced Repeated Measures and Longitudinal Data." *Statistics in Medicine* 16 (20): 23492380.

FAO. 2017. *World Programme for the Census of Agriculture 2020. Volume 1 Programme, Concepts and Definitions*. FAO Rome.

Guillermo Otañez. 2008. "Plan de fortalecimiento del sistema estadistico gropecuario." Ecuador.

Haslett, Stephen. 2013. "Small Area Estimation of Poverty Using the ELL/PovMap Method, and Its Alternatives." In, 242263. Routledge.

Hofmann, Marc, Cristian Gatu, Erricos J. Kontoghiorghes, Ana Colubi, and Achim Zeileis. 2020. "Lmsubsets: Exact Variable-Subset Selection in Linear Regression for r." *Journal of Statistical Software* 93: 121.

Isidro, M. C. 2010. "Intercensal Updating of Small Area Estimates." PhD thesis, Palmerston North, New Zealand.

Li, Wei, Yanbin Yin, Xiongwen Quan, and Han Zhang. 2019. "Gene Expression Value Prediction Based on XGBoost Algorithm." *Frontiers in Genetics* 10: 1077.

Otañez, Guillermo. 2004. "Diseño de Muestreo de La ESPAC."

Pfeffermann, Danny. 2013. "New Important Developments in Small Area Estimation." *Statistical Science* 28 (1): 4068.

Rao, J. N. K. 2003. *Small Area Estimation*. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley; Sons.

Ripley, Brian D., and N. L. Hjort. 1996. *Pattern Recognition and Neural Networks*. Cambridge university press.

Rosenblatt, Frank. 1958. "The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain." *Psychological Review* 65 (6): 386.

Singh, RANDHIR, D. P. Semwal, ANIL Rai, and Raj S. Chhikara. 2002. "Small Area Estimation of Crop Yield Using Remote Sensing Satellite Data." *International Journal of Remote Sensing* 23 (1): 4956.

Viljanen, Markus, Lotta Meijerink, Laurens Zwakhals, and Jan van de Kassteele. 2022. "A Machine Learning Approach to Small Area Estimation: Predicting the Health, Housing and Well-Being of the Population of Netherlands." *International Journal of Health Geographics* 21 (1): 118.

Wright, Raymond E. 1995. "Logistic Regression."

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

Recebido/Submission: 02/10/2022
Aceitação/Acceptance: 23/12/2022

MOB-VR: caso desarrollo de un simulador para entrenamiento de personal de la Armada de Colombia, usando metodologías ágiles

Jairo Enrique Martínez-Garcés[1], Miguel Andrés Garnica-López[2], Aldo Francisco Lovo-Ayala[3], Miller Stiven Brijaldo-Cano[4], Pablo Alejandro Figueroa-Forero[5], Vivian Natalia Gómez-Cubillos[6]

Jagama_37@hotmail.com; miguel.garnica@armada.mil.co; aldo.lovo@armada.mil.co; miller.brijaldo@armada.mil.co; pfiguero@uniandes.edu.co; vn.gomez@uniandes.edu.co

[1] Escuela Naval de Cadetes "Almirante Padilla" – ENAP. Cartagena de Indias, Colombia.

[2] Armada República de Colombia – ARC, Bogotá, D. C., Colombia

[3] Escuela Naval de Cadetes "Almirante Padilla" – ENAP. Cartagena de Indias, Colombia.

[4] Escuela Naval de Cadetes "Almirante Padilla" – ENAP. Cartagena de Indias, Colombia.

[5] Universidad de los Andes, Bogotá, D. C., Colombia

[6] Universidad de los Andes, Bogotá, D. C., Colombia

Pages: 363-378

Resumen: El entrenamiento en la Armada de Colombia es fundamental para contar con personal especializado que ayude a garantizar la seguridad de los ríos y mares en Colombia, igualmente desarrollar herramientas tecnológicas propias, sin embargo, los proyectos de I+D+i son complejos en cuanto su ejecución, es por esta razón, que se hace necesario implementar mecanismos que garanticen su éxito de manera ágil y confiable. La metodología *Scrum* garantiza el desarrollo de proyectos centrado en logro de resultados de calidad y permite la interacción constante con el cliente para disminuir la brecha de insatisfacción que existe al momento de finalizar un proyecto tecnológico. A continuación, Se presentarán los resultados obtenidos de la implementación de la metodología *Scrum* durante las fases de levantamiento de requerimientos, desarrollo de prototipo inicial, pruebas y diferentes aspectos relacionados con la gestión del proyecto, siendo estos aspectos importantes para tomar acciones a futuro.

Palabras-clave: Scrum; Defensa y Seguridad; Simulación; entrenamiento; realidad virtual

MOB-VR: development case of a simulator for the training of Colombian Navy personnel, using agile methodologies

Abstract: Training in the Colombian Navy is essential to have specialized personnel to help ensure the safety of rivers and seas in Colombia, as well as to develop their own technological tools, however, R&D&i projects are complex

in terms of their execution, it is for this reason that it is necessary to implement mechanisms that guarantee its success in an agile and reliable manner. The Scrum methodology guarantees the development of projects focused on the achievement of quality results and allows constant interaction with the client to reduce the gap of dissatisfaction that exists at the time of completing a technological project. Next, the results obtained from the implementation of the Scrum methodology during the requirements gathering phases, initial prototype development, tests and different aspects related to project management will be presented, these being important aspects to take future actions.

Keywords: Scrum; Defense y Security; Simulation; training; agile methodology; virtual reality

1. Introducción

Las metodologías agiles están centradas en el desarrollo de software que se pueda implementar y usar de manera rápida y no ocupar demasiado tiempo elaborando documentos para realizar el levantamiento de requerimientos, se centra en acciones rápidas, en las metodologías agiles los equipos son pequeños, autoorganizados, trabajan en estrecha colaboración y a diferencia de las metodologías tradicionales donde utilizan amplia documentación, se enfoca en el desarrollo de iteraciones incrementales.

Si bien la metodología *Scrum* está relacionada directamente con el desarrollo de software, se considera un método de gestión de proyectos, permitiendo a los equipos realizar desarrollos de manera ágil y adaptarse de manera rápida a los cambios que puedan surgir durante la ejecución. Dentro de las ventajas que se pueden encontrar en las metodologías agiles se encuentra la poca documentación que se debe manejar, está orientado a las personas, comunicación con el cliente, las entregas constantes del desarrollo, la adaptación, la flexibilidad frente a las especificaciones cambiantes, siendo este un factor diferencial frente a las metodologías tradicionales, las cuales se basan en una planificación estricta y que en caso de cambio de requerimientos, esto podría suponer un impacto en tiempo y dinero en el proyecto.

Dentro de las metodologías agiles en la cual se encuentra Scrum, se puede nombrar una serie de principios básicos que conducen a desarrollar un proceso exitoso, dentro de los cuales se enumeran los siguientes: La mayor prioridad es satisfacer al cliente entregando los productos de manera temprana y con buena calidad, se aceptan que los requisitos cambien, se entregan productos funcionales en periodos de tiempos cortos, los clientes y equipo técnico trabajan de manera colaborativa, el software funcionando es una buena medida de progreso, la atención continua y simplicidad es esencial, los mejores diseños emergen de equipos organizados. De acuerdo al manifiesto agiles y para obtener un producto que solucione un problema satisfaga a los usuarios y genere un valor adicional se pueden resaltar los siguientes principios:

- Satisfacer al cliente entregando el producto de manera continua y temprana, cada entrega es incremental, es decir, con aspectos nuevos de la herramienta, mostrando de esta manera la evolución de la misma.
- Las entregas deben tener periodos de tiempo cortos, los cuales pueden ser pactados con el cliente.

- Los proyectos son desarrollados en entornos motivacionales, permitiendo de esta manera que los desarrolladores puedan generar valor agregado al cliente.
- Maximizar la cantidad de trabajo no realizado.

Con el fin de tener una claridad acerca de las diferencias que existen entre metodologías agiles a la cual pertenece *Scrum* y las metodologías tradicionales se pueden enumerar las siguientes:

Metodologías agiles	**Metodologías tradicionales**
Basadas en heurísticas provenientes de prácticas de producción de código	Basadas en normas provenientes de estándares seguidos por el entorno de desarrollo
Se adaptan a cambios en el proyecto	Poca adaptación a los cambios
Impuestas internamente	Impuestas externamente
Procesos menos controlados	Demasiada burocracia en los procesos, control estricto,
El cliente es parte del equipo	El cliente solo asiste a reuniones para verificar avances
Pocos roles	Mas roles
Grupos pequeños trabajando en el mismo sitio	Grupos grandes y distribuidos en diferentes sitios
Menos énfasis en la arquitectura de software	La arquitectura u planificación exhaustiva es importante antes del desarrollo
Los contratos son prefijados	Los contratos son flexibles

Fuente:

Tabla 1 – Diferencias metodologías tradicionales y metodologías agiles.

Para que todo lo anterior funcione debe existir un equipo que gestione el proceso, por esta razón existen unos roles bien definidos, como lo son:

Rol	**Descripción**
Product Owner	Define los requerimientos iniciales y rechaza o acepta el producto
Scrum Master	Es el líder del proyecto que facilita el trabajo al equipo *Scrum*, se asegura que la metodología se cumpla según lo estipulado.
Scrum team	Equipo encargado de convertir los requerimientos en el desarrollo

Tabla 2 – Roles de *Scrum*

La tabla 2 describe los roles principales que sugieren los expertos en la metodología Scrum, evidenciando de esta manera una simplicidad en el organigrama del equipo que podría de alguna manera agilizar los procesos al no existir mucha burocracia y enfocándose en personal dedicado al hacer en el proyecto.

Por lo anterior, esta metodología ampliamente usada en procesos de desarrollo podría ser implementada en construcción de simuladores, para lograr un desarrollo exitoso. Así pues, en este artículo presentamos un caso de implementación de la metodología Scrum

en la construcción de un simulador en realidad virtual, para entrenamiento de la flota naval de la armada de Colombia.

A continuación, se presenta el resultado de la implementación de la metodología ágil *Scrum* en el proyecto MOB-VR. En este artículo, se abordarán los aspectos principales del ciclo del desarrollo estipulado en la formulación del proyecto y el cumplimiento de la metodología en la primera fase del mismo, con el fin de tomar acciones que puedan mejorar el desarrollo de futuros proyectos de la Armada de Colombia y las diferentes instituciones, sobre todo en proyectos que involucren el desarrollo de software. Dentro de los aspectos a tratar, se abordará la metodología utilizada para el levantamiento de requerimientos, el desarrollo del primer prototipo y el desarrollo de las pruebas.

2. Metodología

Se desarrolla una investigación de tipo cualitativo, debido a que en el presente documento se esperan obtener descripciones realizadas de los diferentes resultados basados en el desarrollo de un proyecto tecnológico usando la metodología ágil *Scrum* y el tablero Kanban. De igual forma, para cumplir con el objetivo de este estudio, se recopiló información basada en la experiencia y resultados del equipo de trabajo durante la ejecución del proyecto.

Inicialmente se estructuró el ciclo de vida de gestión del proyecto, para luego tomar los diferentes ítems generados como lo son los requerimientos, los desarrollos y las pruebas. De esta manera, se plantearon los resultados de cada componente orientándolo a la metodología Scrum y usando un tablero Kanban para gestionar el desarrollo del producto.

3. Resultados

3.1. Metodología de desarrollo del proyecto

Para seleccionar la metodología a utilizar, inicialmente se identificaron las existentes, como lo son *Adaptative Software Development*, *Agile Modeling, Agile Model Driven Development, Agile Project Management, Agile UniÞ ed Process, Crystal Methods, Dynamic Systems development methods, Feature driven development, Internet Speed Development, Lean development, Pragmatic programming, Test Driven Development, XBreed, Extreme Programming, Win Spiral, Evolutionary Project Management, Story cards driven development, Agile UniÞ ed Process, Open UniÞ ed Process*, sin embargo, estas se descartaron ya que la selección iba enfocada a una metodología *Scrum*.

La metodología se seleccionó al momento de formular el proyecto, esto debido a que funcionan muy bien con equipos pequeños, el cliente es más activo en el proceso de desarrollo, de igual forma, mejora la calidad del producto, existe mayor motivación, trabajo colaborativo, mayor control y capacidad de predicción y reducción de costes,por otra parte, se verificaron las metodologías agiles más utilizadas en las cuales se encontró XP, *Scrum*, *Kanban*, seleccionando *Scrum* y un tablero *Kanban* debido al conocimiento que tienen los miembros del equipo.

A continuación, se presente el ciclo de vida del proyecto, el cual indica el derrotero a seguido para la ejecución.

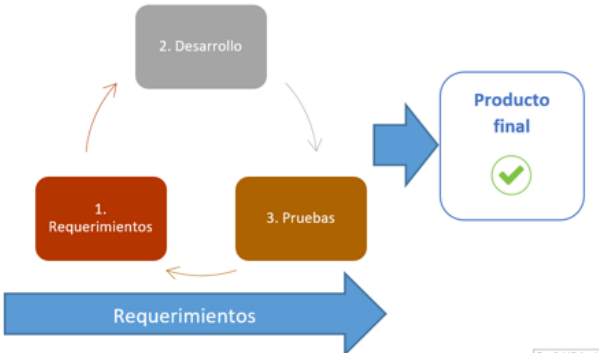


Figura 1 – Ciclo de vida del proyecto.
Fuente: Elaboración propia

Si bien la primera actividad plasmada se refiere al análisis de requerimientos, durante el ejercicio práctico, se ha comprobado como lo manifiestan las metodologías agiles que este es un proceso permanente, es decir, inicialmente se ha tenido una base sólida de especificaciones para iniciar el desarrollo, pero esto no supone una actividad desarrollada al 100%. Para efectos de seguimiento, se debe hacer la salvedad, ya que el seguimiento que se ha realizado el proyecto está enfocado en metodologías tradicional, quedando la actividad como no terminada por no ejecutarse al 100%.

El segundo ítem estipulado en el ciclo de vida hace referencia al desarrollo, para el caso del proyecto se estipularon 3 momentos importantes en los que se evidencian 3 prototipos, finalizando con las pruebas. El ciclo indicado garantiza una interacción permanente con el cliente ya que cada fase o ciclo cuenta con entregas parciales, hasta llegar al producto final terminado y aceptado.

En cuanto al esquema organizacional y teniendo en cuenta que el proyecto se formuló con la metodología de Minciencias, se realizaron las equivalencias correspondencias que ha permitido gestionar de manera ágil el equipo del proyecto:

La Figura 2 muestra la estructura organizacional, la cual, presenta claramente el rol del equipo del proyecto, podemos resaltar como la comunicación se realiza entre cada uno de los actores, en el caso del investigador principal o Scrum Master tiene comunicación con todos los miembros del equipo, ya que es el encargado de liderar las actividades de gestión necesarias para que el proyecto se desarrolle sin contratiempos, una de las principales actividades del investigador suplente o *product owner*, es proporcionar los requerimientos de los desarrolladores mediante la información brindada por el *Stakeholder*, su rol se puede tomar como un intérprete de los dos aspectos técnicos. En el caso de este simulador mantiene comunicación constante con los desarrolladores y los expertos de la Armada de Colombia siendo un facilitador del flujo de información y experto en temas militares.

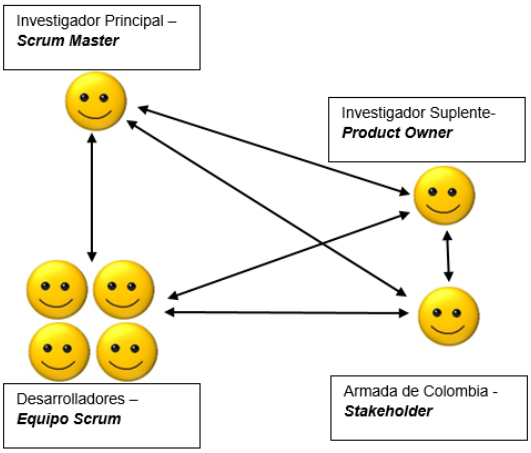


Figura 2 – Equivalencia *Scrum*.
Fuente: Elaboración propia

3.1. Levantamiento de requerimientos

Los requerimientos evidencian los componentes importantes para el desarrollo y funcionamiento de una herramienta tecnológica, las cuales están enfocadas principalmente a las necesidades del usuario, por lo cual se describen las limitaciones que tiene y los servicios que debe prestar la tecnología. Estas especificaciones determinan en gran parte el éxito del producto final. Si bien este término es utilizado en gran parte con lo relacionado a la industria del software, es usado de igual forma en otras áreas. De forma general los requisitos se clasifican en funcionales y no funcionales, en cuanto a las funcionales se detallan las funciones del sistema, es decir, lo que debe hacer y los no funcionales detallan como debe ser el sistema, es decir cuáles son las propiedades del mismo.

Las técnicas utilizadas para realizar las especificaciones del proyecto han sido las siguientes:

Figura 3 – Entorno virtual en AltSpaceVR.

Reuniones virtuales y presenciales, para transferir el conocimiento de expertos de la armada al equipo de desarrollo y diseño: El equipo conformado por el personal de la Armada aportó los conocimientos y experiencia para obtener especificaciones básicas y de esta forma se arrancó con bases sólidas que facilitaron los procesos posteriores.

En cuanto a las reuniones virtuales tradicionales, fueron realizadas usando una plataforma tradicional de teleconferencias (Teams). Además, se realizaron dos reuniones en espacios virtuales similares al cuarto del buque donde se haría el simulador, usando plataformas como MozillaHubs y AlstSpaceVR como se detalló en un artículo previo

Observación: A través de visita en campo realizada en las fragatas se realizó un recorrido por la planta de ingeniería, con el fin de obtener información importante para el diseño y desarrollo del producto, ha sido un mecanismo importante para obtener información precisa del ambiente real y de esta forma obtener una simulación más adecuada, se tomaron fotos y medidas para tener claridad de las dimensiones del producto a desarrollar.

Entrevistas:

Presencial: Se realizó una entrevista informal al personal a bordo del buque ARC Victoria y buque ARC 20 de Julio, al cual se hicieron una serie de preguntas planificadas con anterioridad, pero no documentadas, orientadas a entender el funcionamiento técnico, comportamiento del personal y rutinas que se desarrollan en el espacio a simular, marcando una pauta en el uso de la metodología ágil, la cual hace referencia a limitar la documentación el desarrollo de los proyectos.

Virtual: Se realizaron dos entrevistas a personal del buque fragata y la OPV 3, en las cuales se obtuvo retroalimentación respecto a los pasos que se llevarían a cabo en la simulación, a partir de la experiencia de entrenamiento del personal de dichos buques.

Desarrollo de pruebas: Si bien las pruebas es una fase dentro del ciclo de desarrollo, se ha dimensionado como un mecanismo para obtener requerimientos, ya que a través de las pruebas realizadas con diferentes usuarios se lograron obtener nuevas especificaciones que no se habían contemplado en las diferentes técnicas aplicadas.

Se puede evidenciar que a través de las técnicas aplicadas se han logrado obtener los resultados deseados, evitando de esta manera, un proceso tedioso en cuanto al levantamiento de requerimientos y cumpliendo uno de los principios básicos de las metodologías agiles en cuanto a los cambios de especificaciones en el proceso de desarrollo. No se plasmó un plan estricto, sin embargo, se documentó de manera general los requerimientos iniciales, siendo este un documento light y fácil de entender, con el fin de seguir avanzando de manera rápida en el desarrollo del prototipo. Contrario a lo que supone un proceso complejo de levantamiento de requerimientos en las metodologías tradicionales, este resultó simple y fácil de aplicar.

3.2. Desarrollo prototipo

Para el desarrollo del prototipo, se llevaron a cabo una serie de pasos alineados con la metodología Scrum. Si bien no se siguió la metodología de una manera estricta, sino más bien se realizó una adaptación según las necesidades, se desarrollaron las actividades

y protocolos principales de la metodología. Dichas actividades, en orden cronológico fueron:

1. Definición del *product backlog*:

   Esta es la primera actividad que se debe realizar, pues es a partir de ella que se define la primera lista de ítems que van a componer el producto, en nuestro caso el simulador. En particular, estos ítems en desarrollo representan tareas, bugs reportados o historias de usuario que componen nuestro producto final esperado. Sin embargo, como *Scrum* se basa en la posibilidad de iterar y poder modificar los requerimientos, el *product backlog* puede cambiar a lo largo del proyecto.

   En el caso particular, en la primera definición, como era de esperarse, los ítems representaban las tareas de diseño del escenario 3D, en cual se llevaría a cabo la simulación. Posteriormente, cuando se avanzó en el proyecto, se adicionaron tareas de desarrollo de la simulación y la verificación de acciones realizadas por el usuario.

   Adicionalmente, es importante destacar que una entrada vital para poder definir el *product backlog*, fue tener clara una primera versión de los requerimientos del simulador. Lo cual se había logrado mediante reuniones y entrevistas con el personal experto de la Armada

2. Reunión de planeación del *sprint*

   Al empezar el proyecto, una vez definido el *product backlog,* se realizó la primera reunión de planeación. En dicha reunión, se establece el sprint backlog, el cual corresponde a la lista de ítems (tarea, bug o historia de usuario) que se realizarían para llevar a cabo el *sprint* planificado.

   En este punto es importante recordar que un *sprint* representa un ciclo de ejecución del proyecto y puede ser visto como un "mini-proyecto", ya que se caracteriza por tener una duración preestablecida y un objetivo hacia el cual se dirigen los ítems que lo componen (*sprint backlog*).

   ahora bien, con la planeación no sólo se definen dichos ítems, también se establece el objetivo y duración del *sprint*. Además, en el proyecto se decidió complementar el uso de Scrum con un tablero Kanban para gestionar el desarrollo del sprint. Así pues, mediante este tablero, se tuvo la posibilidad de llevar el estado de cada ítem (tarea, bug, historia de usuario), según lo establecido por Kanban:

   a. por realizar: es el estado por defecto en el que quedan los ítems al ser definidos en el *sprint backlog*. Como su nombre lo indica, son las tareas por realizar en el *sprint* actual
   b. realizado: representa los ítems que ya fueron resueltos (realizados)
   c. bloqueado: representa ítems que no se han podido realizar porque hay alguna condición que no permite su ejecución. Por ejemplo, que hay otro ítem que debe realizarse primero y este depende de otro miembro de equipo.

d. por revisar: son los ítems que ya se realizaron, pero necesitan la revisión del equipo.

Adicionalmente, a cada ítem se le asignó un responsable del equipo y una categoría (diseño 3d, desarrollo, documentación, pruebas). Para llevar un mayor control sobre el *sprint*.

Por otro lado, es de resaltar que esta actividad se debe realizar al terminar un sprint y empezar uno nuevo, para definir el contenido de este último. Por lo tanto, es mediante estos sprints que es evidente el manejo iterativo del proyecto mediante la metodología Scrum. En particular, porque muchos ítems que fueron resueltos en un *sprint*, pueden volver a otro si se considera que deben haber cambios, de acuerdo con el *feedback* de expertos o la decisión del p*roduct owner*.

3. Desarrollo del *sprint*

En esta actividad se llevan a cabo los ítems del *sprint* actual, usando el tablero Kanban para manejar el estado de dichos ítems. Además, durante este desarrollo los lineamientos de scrum dicen que se deberían realizar reuniones diarias (*daily)* y semanales (*weekly*). En este proyecto se realizaron las *weekly,* dado que se tenían restricciones en la agenda de los miembros del equipo que tenían otras responsabilidades con la armada, lo cual puede ser recurrente en proyectos internos en los que los miembros no pueden tener una dedicación de tiempo completo al proyecto. De hecho, el tiempo a dedicar es un factor que debe tenerse durante la planeación, si se hace un puntaje de cada tarea, lo cual tampoco se hizo. En este caso, solamente se asignaron tareas según una dificultad estimada en la reunión, pero no documentada.

4. Creación de prototipos de prueba

Después de uno o dos *sprints* se crearon ejecutables de cada prototipo para poder hacer pruebas con los oficiales de la armada miembros del equipo y posteriormente con los expertos en los ejercicios de simulación.

5. Pruebas

La metodología fue, primero hacer un ejecutable que probaban los miembros del equipo. Posteriormente, se recibía retroalimentación, especialmente de interacciones, diseño visual, *typos* en textos de la interfaz de usuario, animaciones, etc. De esta manera, se aseguraba mostrar un mejor prototipo a los expertos en la simulación, quienes darían retroalimentación especializada en el guion de la simulación.

6. Creación de *release*

Una vez aceptado un prototipo, se creó un *release,* que representa un estado de progreso del proyecto, en el cual se encuentra estable y funcional.

Estos *releases* se crearon usando la plataforma Github, y se componían del ejecutable y el guion de simulación del prototipo al momento de realizarlos.

3.2.1. Sprints realizados

Para ilustrar el avance del proyecto, usando la metodología Scrum y el tablero Kanban, en las Figuras 4, 5 y 6, se muestran resultados de algunos de los 7 *sprints* realizados hasta el momento. Cada uno de ellos tenía un objetivo y duración establecida, a saber:

- Sprint 1 (S1) – Diseñar el entorno virtual del simulador con el espacio del buque OPV (2 meses)
- Sprint 2 (S2) – Diseñar el grafo de simulación de un ejercicio de entrenamiento de la fragata (1 mes)
- Sprint 3 (S3) – Crear un prototipo para PC con información del buque fragata (2 meses)
- Sprint 4 (S4) – Migrar el prototipo PC a VR (1 mes)
- Sprint 5 (S6) – Crear un prototipo para conferencias en VR para Oculus Rift (2 meses)
- Sprint 6 (S7) – Crear un prototipo en VR para Oculus Rift con información del buque OPV (2 meses)

Figura 4 – Entorno virtual en Unity3D (S1)

Figura 5 – Interacciones en el prototipo para PC (S3)

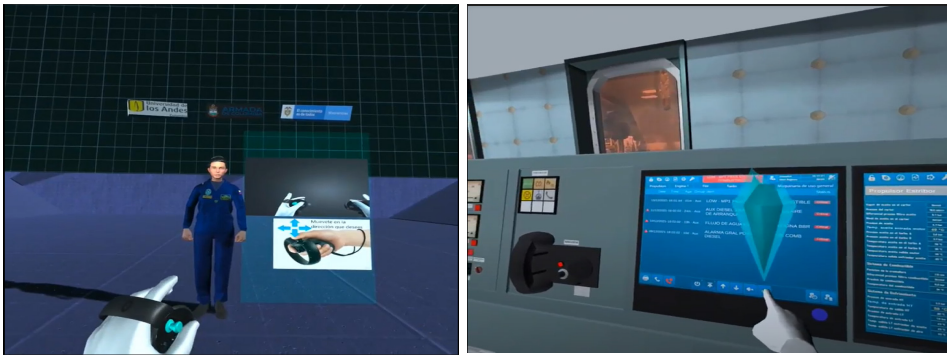


Figura 6 – Tutorial VR (S5) e interacciones con prototipo VR en Rift (S6)

3.2.2. Selección de tecnologías

Las tecnologías utilizadas para facilitar el proyecto Scrum han sido las siguientes:

Herramienta	Características
Github projects	Dado que se está desarrollando un proyecto de creación de software, se usó la herramienta Github para almacenar el código y manejar la integración continua. Además, cuando se empezó a implementar Scrum, se utilizó la herramienta Github projects que, dentro del repositorio de código, nos permitía tener un tablero Kanban para llevar un control sobre los issues (equivalentes a los ítems del backog)
Jira	Dado que Github projects sólo proporcionaba el tablero Kanban, se decidió migrar a otra herramienta que permitía llevar un mejor control usando Scrum, esta era la plataforma Jira. En particular, esta herramienta permite crear sprints con duración, objetivo, ítems y un tablero Kanban asociado (por sprint). Además, se llevó un control de los miembros responsables de cada item y un sistema de comentarios para los ítems bloqueados.

Tabla 3 – Tecnologías usadas para implementar Scrum y Kanban en el proyecto.

3.3. Pruebas posibles con usuarios finales

Las pruebas permiten detectar las fallas que pueden evidenciar el incumplimiento de las expectativas por parte del usuario final, por esta razón, las pruebas funcionales son un aspecto importante que ayuda a tomar medidas acorde a lo estipulado[16], ya que esta nos permite comparar lo desarrollado vs lo esperado.

Para el desarrollo de la investigación las pruebas funcionales se aplican generalmente a las diferentes versiones de prototipos que se generan mediante la aplicación de la metodología scrum, generando de forma interactiva desarrollo, prototipos y definición de requisitos. Permitiendo de esta manera detectar cuales son las falencias que evidencian el no cumplimiento y las expectativas por parte del usuario final [17]. De igual forma

se puede definir que la prueba de software consiste en la verificación dinámica de la conducta de un programa comparando los resultados con lo que se esperaba [18].

Teniendo en cuenta lo anterior y con base al desarrollo de tres prototipos, sobre los cuales se deben ejecutar las pruebas que permitan validar la funcionalidad de la herramienta y el comportamiento de la misma frente a los usuarios, con el fin de realizar las mejoras respectivas para el siguiente prototipo, en este caso se realizan las pruebas del primer prototipo, esperando encontrar observaciones por parte de la muestra seleccionada con el fin de implementar las mejoras la siguiente versión del prototipo.

Los resultados que aquí se plasman evidencian la actividad desarrollada en el marco del proyecto, la cual es parte fundamental para el cumplimiento de la metodología Scrum que se está implementando para el desarrollo de actividades, lo cual permite actuar de manera ágil frente a las mejoras que puedan surgir y la interacción del equipo técnico con los usuarios, marcando de inicio un trabajo colaborativo, de innovación abierta y finalmente de cocreación usuario-investigador.

Para el desarrollo de esta fase se realizó una sesión de pruebas con ayuda de un personal de alumnos de la Escuela Naval de Suboficiales ARC "Barranquilla" y la Escuela Naval de Cadetes "Almirante Padilla" con los cuales se tenía como objetivo ver el comportamiento en la interacción, la credibilidad del espacio virtual, los personajes utilizados, la utilidad de la información que brindan y la validez del desarrollo del Ejercicio MOP, así como el lenguaje militar utilizado en los prototipos de la consola de ingeniería, para lo cual se destinó un computador portátil con audífonos en un recinto aislado.

Así mismo se definió un protocolo para la realización de cada prueba, al igual que se realizó lectura y firma del consentimiento informado permitiendo la autorización para la grabación de audio y video durante el desarrollo de la prueba, de igual forma, se realizó una encuesta que se desarrolló justo después de terminar la práctica, con el fin de conocer la experiencia real de cada alumno.

Dentro de la encuesta se contaba con preguntas abiertas y cerradas que permiten al equipo de diseño la retroalimentación necesaria para la construcción del segundo prototipo. A continuación, se presenta un análisis de las preguntas planteadas.

Cabe aclarar que para seleccionar las preguntas se tomó como base los objetivos de determinar la cercanía que tendría el usuario final con el entorno virtual y la utilidad de los elementos que se proporcionan como el recordatorio o ayudas que dan los personajes dentro de la simulación, teniendo en cuenta los aspectos más importantes considerados para el desarrollo del prototipo. Luego se establecieron las preguntas cerradas para facilitar el análisis de los datos.

3.4. Protocolo

Para la elaboración de la prueba se realizaron los siguientes pasos.

1. La persona que administra la prueba imprime el consentimiento informado
2. La persona que administra la prueba debe llenar el consentimiento con la fecha, hora, versión del software y número de usuario Usaremos la siguiente codificación: G<número del grupo><número del usuario>

Ejemplo: G101
3. Mostrarle al usuario el consentimiento informado y responder sus preguntas
4. Solicitarle al usuario firmar el consentimiento (si está de acuerdo con él)
5. Si es posible, darle al usuario unos audífonos para la prueba
6. Iniciar la grabación de pantalla, verificando que en OBS se encuentre la siguiente configuración de fuentes
7. Iniciar el demo en PC
8. Explicarle al usuario el detalle de los controles "todo el tiempo se usará únicamente el mouse y las flechas hacia adelante y atrás para el movimiento. Además, para interactuar con un objeto se deberá hacer click sobre él" y una vez entendidos, dar click en "Empezar demo"
9. Cuando el usuario termine el demo, agradecerle y solicitarle llenar la encuesta https://forms.gle/FuesB4mEVTG1a7m99

Ficha técnica de la prueba

Duración de la actividad: 1 Hora

Instrumentos utilizados: Encuesta digital.

Número de participantes en el ejercicio: 14

Lugar: Escuela Naval de Suboficiales

Numero de preguntas: 10

Preguntas realizadas:

1. ¿Cómo calificaría la credibilidad del espacio virtual que representa el cuarto de ingeniería de una OPV?
2. ¿Cómo calificaría la credibilidad de los personajes usados?
3. ¿Cómo calificaría la credibilidad de las condiciones iniciales del ejercicio dadas por el suboficial?
4. ¿Qué tan útil es la información dada por el suboficial al iniciar la simulación?
5. ¿Considera que el lenguaje militar usado en el dialogo está acorde al lenguaje institucional?
6. ¿Qué tan fácil fue para usted seguir los pasos indicados en la simulación?
7. ¿Qué tan fácil fue para usted seguir la secuencia de pasos de desembargue de un motor desde la consola de ingeniería?
8. ¿Qué tan fácil fue para usted seguir la secuencia de pasos de asegurar las ventilaciones y poner en servicio la bomba de incendio?
9. ¿Cómo calificaría la credibilidad de los sonidos (¿ambiente interno del cuarto, voces, sonidos de botones y alarmas?
10. ¿Qué tanta experiencia previa con video juegos tiene?

Dentro del desarrollo de las pruebas se pudo evidenciar que más del 70% de los alumnos manifestó una buena interacción en la facilidad de los procesos de seguir la secuencia para el desarrollo del ejercicio de igual forma manifestó la credibilidad del escenario con una puntuación por encima de 6 en una escala de 0 a 9, lo cual indica que el prototipo tiene buna aceptación

4. Conclusiones

En conclusión, la implementación de la metodología Scrum y el tablero Kanban en el proyecto ha funcionado de manera exitosa. Sin embargo, es importante destacar que no se realizaron todas las actividades que Scrum propone, como las reuniones diarias (daily) y las reuniones de retrospectiva. En lugar de esto, se hicieron reuniones semanales (weekly) con el equipo de desarrollo y reuniones quincenales (similares a un *review*) con el equipo completo. Además, en estas reuniones quincenales se trabajó además del *review*, a aspectos administrativos y económicos del proyecto, dada su naturaleza de ser un proyecto financiado por el gobierno.

Por otro lado, es importante destacar que el proyecto empezó en medio de la pandemia por COVID19. Por lo cual, ha sido realizado en su mayoría de manera remota, con un equipo globalmente distribuido. En particular, el uso de scrum para este tipo de equipos fue satisfactorio, pues su modelo de reuniones permitió realizar una comunicación adecuada en tiempos fijos y con objetivos claros. Adicionalmente, el modelo de *sprints* gestionado con tablero Kanban, facilitó el desarrollo del proyecto y el cumplimiento de los objetivos que se planteaban para cada sprint individual.

Así mismo, en este tipo de proyectos es necesario iterar constantemente, mejorar los requerimientos según lo estipule el cliente o actualizar las tecnologías y herramientas según le convenga al proyecto. Por lo cual, el modelo iterativo de Scrum permitió considerar dichos cambios y con un plan para integrarlos en los sprints que tuvieran un objetivo alineado a dichos cambios.

Por otra parte, es importante destacar que no siempre se cuenta con el apoyo de los expertos en las reuniones quincenales. En particular, dado que el personal de los buques se encontraba navegando varios meses durante el proyecto. En este caso fue esencial haber definido un *product backlog* extenso, para poder tomar ítems de dicha lista cuando no estaban los expertos y no perder tiempo en el avance del proyecto. Así, cuando ellos volvían y podían dar feedback, el equipo estaba listo para mejorar o iterar en algún ítem si era necesario o avanzar definiendo nuevos ítems para fortalecer el *product backlog*.

Sin embargo, es importante resaltar que esta decisión se debe a que se debía avanzar en el proyecto, y si se cuenta con los expertos es mejor estar en constante validación con ellos. Puesto que, realizar un ítem y luego tener que iterarlo varias veces por falta de validación, puede no ser la mejor opción.

Referencias

P. Por, G. Deemer, C. Benefield, B. Larman, and V. Vodde, “INFORMACIÓN BÁSICA DE SCRUM (THE SCRUM PRIMER),” 2009, Accessed: Oct. 28, 2021. [Online]. Available: www.ScrumTI.com.

M. Kaisti *et al.*, “Agile methods for embedded systems development - a literature review and a mapping study,” *EURASIP J. Embed. Syst.*, vol. 2013, no. 1, p. 15, 2013, doi: 10.1186/1687-3963-2013-15.

K. M. Toapanta Chancusi, “Artículo Científico - Método Ágil Scrum, aplicado a la implantación de un sistema informático para el proceso de recolección masiva de información con Tecnología Móvil.,” 2012.

C. PARDO, J. A. HURTADO, and C. A. COLLAZOS, “MEJORA DE PROCESOS DE SOFTWARE ÁGIL CON AGILE - SPI PROCESS,” *Dyna*, vol. 77, no. 164, pp. 251–263, Oct. 2010, [Online]. Available: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49620414025.

A. N. Cadavid, J. Daniel Fernández Martínez, and J. Morales Vélez, “Revisión de metodologías ágiles para el desarrollo de software A review of agile methodologies for software development.”

D. Sato, D. Bassi, M. Bravo, A. Goldman, and F. Kon, “Experiences tracking agile projects: an empirical study,” *J. Brazilian Comput. Soc.*, vol. 12, no. 3, pp. 45–64, 2006, doi: 10.1007/BF03194495.

agilemanifesto.org, “Principios del Manifiesto Ágil.” https://agilemanifesto.org/iso/es/principles.html (accessed Nov. 04, 2021).

G. Hernández, Á. Martínez, R. Jiménez, and F. Jiménez, “Métricas de productividad para equipo de trabajo de desarrollo ágil de software: una revisión sistemática,” *TecnoLógicas*, vol. 22, pp. 63–81, Dec. 2019, doi: 10.22430/22565337.1510.

L. M. A. López, M. E. R. Rivera, and N. L. S. Palomino, “Análisis de aplicaciones empleando la computación en la nube de tipo PaaS y la metodología ágil Scrum,” *Ind. Data*, vol. 18, no. 1, pp. 149–160, 2015, Accessed: Nov. 08, 2021. [Online]. Available: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81642256017.

I. O. Tinoco Gómez, I. Pedro, P. Rosales López, and I. J. Salas Bacalla, “Criterios de selección de metodologías de desarrollo de software,” *Ind. Data*, vol. 13, no. 2, pp. 70–74, 2010, Accessed: Nov. 08, 2021. [Online]. Available: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81619984009.

V. R. Villán, “Las metodologías ágiles más utilizadas y sus ventajas dentro de la empresa,” *Think. Innov.*, Mar. 2019, Accessed: Nov. 02, 2021. [Online]. Available: https://www.iebschool.com/blog/que-son-metodologias-agiles-agile-scrum/.

“Metodologías ágiles: ¿Qué son y cuáles son las más utilizadas? - ADEN.” https://www.aden.org/business-magazine/metodologias-agiles/ (accessed Nov. 02, 2021).

“¿Cuáles son las metodologías ágiles más utilizadas?” https://www.unir.net/ingenieria/revista/metodologias-agiles-mas-usadas/ (accessed Nov. 02, 2021).

E. Serna M., *Gestión de la Ingeniería de Requisitos Incorporando Principios del Pensamiento Complejo*. 2021.

V. Gómez, K. Peñaranda, and P. Figueroa, “Lessons Learned from Requirements Gathering for Virtual Reality Simulators,” *Virtual Real. Intell. Hardw.*, vol. 3, no. 5, pp. 407–422, Oct. 2021, doi: 10.1016/J.VRIH.2021.09.002.

L. González, “Método para generar casos de prueba funcional en el desarrollo de software,” *Rev. Ing.*, vol. 8, pp. 29–36, 2009, [Online]. Available: http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a04.pdf.

L. González, “Método para generar casos de prueba funcional en el desarrollo de software,” *Rev. Ing.*, vol. 8, pp. 29–36, 2009, [Online]. Available: http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a04.pdf.

E. Serna, *Prueba funcional del software: un proceso de verificación constante*. Medellin: ITM, 2013.

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

Recebido/Submission: 18/10/2022
Aceitação/Acceptance: 21/12/2022

The Application of Modern Enterprise Management Mode in Hotel Management under the Background of Big Data

Ye Ye[1,2*], Jacquuline Tham[1], S.M.Ferdous Azam[1]

yeye19890912@163.com

[1] Management and Science University, 40100 Shah Alam, Selangor Darul Ehsan, Malaysia

[2] Wuxi Institute of Technology, 214000, Wuxi, Jiangsu, China

Pages: 379-390

Resumen: Con el uso generalizado de la tecnología de análisis de big data, ha llegado la era de la red de big data, la industria hotelera es la rama más distintiva y especial de la industria de servicios, su proceso de desarrollo y las condiciones de vida también cambian constantemente, big big data es un enorme desafío para las empresas hoteleras para enfrentar el análisis de datos y las capacidades de minería. En primer lugar, en este trabajo se combinaron los datos relevantes de contratación de personal en gestión hotelera y se concluyó un algoritmo de Rango Personal Sensible para calcular la sensibilidad sensible de los recién graduados de cada hotel en los datos históricos de contratación; Se optimizó el método de cálculo de la correlación entre el grado de interés correspondiente de los egresados y los egresados anteriores; Finalmente, se correlacionaron los resultados de relevancia y el grado de confianza empresarial, y se recomendó a los egresados el empleo de egresados anteriores similares.

Palabras-clave: Clúster de Computación; La formación del personal; Gestión Hotelera.

La aplicación del modo de gestión empresarial moderna en la gestión hotelera en el contexto de Big Data

Abstract: With the widespread use of big data analysis technology, the network era of big data has arrived, the hotel industry is the most distinctive and special branch of the service industry, its development process and living conditions are also constantly changing, huge big data is a huge challenge for hotel enterprises to face data analysis and mining capabilities. Firstly, the relevant data of personnel recruitment in hotel management was combined in this paper and concluded a Sensitive-Personal Rank algorithm to calculate the sensitive sensitivity of the recent graduates of each hotel in the historical recruitment data; The method of calculating the correlation between the corresponding degree of interest of the graduates and the previous graduates was optimized; Finally, the relevance results and the degree of corporate trust were correlated, and the employment of similar previous graduates was recommended to the graduates.

Keywords: Cluster Computing; Staff Training; Hotel Management.

1. Introduction

The management level of the hotel is generally in the form of a pyramid, from the bottom of the tower to the top of the tower, from wide to narrow. The higher the scope of management is, the greater the difficulty of management and the lower the scope of management is, and the smaller the scope of management is. The most common hotel management in China is a straight-line function management system. In this management system, any level leader, manager, and waiter must clearly define their own business scope, work responsibilities, and train their own work skills and knowledge. In the hotel management, personnel training and continuous training are of vital importance. Under this background, the application of the enterprise management model in hotel management from the perspective of big data was studied in this paper. At present, under the background of the continuous expansion of college enrollment and the continuous increase in the number of graduates, and the employment issue of college graduates has been valued by all parties in the society (Alrawadieh et al., 2020). The method which is based on recruitment preference is based on the analysis of the historical recruitment information of the enterprise, and the recommendation of the enterprise on the degree of emphasis is on graduation characteristics. This method is widely used in graduate employment recommendation and it can be used to evaluate the performance of the recommendation system for effective optimization (Bazkiaei et al., 2020). However, there are still some problems that need to be improved. To address these issues, an employment recommendation algorithm based on the sensitivity of the company's interests is proposed.

2. Related Work

There have been many scholars studying the characteristics and emotional management of the grass-roots staff in the hotel. The current research conclusions can be summarized as follows: The hotel staff management is not very complicated, and the grass-roots staff of the hotel has a lot of simple physical work. During the off-season period of the hotel operation, some departments of the hotel, such as the housekeeping department, usually arrange for employees to do repeated and monotonous work such as planned hygiene. The staff at the grass-roots level of the hotel requires the employees to be patient. For example, in the catering service, when the picky customers are dissatisfied, the waiter must also maintain a gentle and courteous attitude when serving the food and blame the waiter (Dunhai & Yu, 2017). This requires the employees to have a strong ability to suppress emotions; the labor intensity of personnel is large, for example, the service staff in the food and beverage department, room department and other departments has a higher intensity (Girard & Pinar, 2021). General hotel requires room staff to clean 14 rooms a day, especially in the peak season of the hotel, and the hotel has a high rate of occupants and the business is busy. At this time, the staff of the room department is in an overloaded working state, and they are labor-intensive. Apart from the task of cleaning the rooms, the staff of the room department must also provide other services for the customers; in the high season of the hotel operation, the hotel may require the

staff to cancel the vacation to work overtime. It may not be a holiday for more than ten consecutive days. Excessive overtime is an evasion and disgust thing for the staff. (Hosseinikhah, 2019). In many hotels there is an unwritten rule that overtime less than two hours does not allow employees to calculate overtime wages, which is very unfair to employees (Kryukova et al., 2020). This can easily cause employees to feel unbalanced. These characteristics with the hotel personnel recruitment training model were combined in this paper.

3. Methodology

3.1. The Main Ideas and Steps of Sensitive-Personal Rank Algorithm

A type of employment-based recommendation algorithm (RBSI) based on interest sensitivity was proposed in this paper, which aims at the degree of preference of school training companies in the recruitment process for differences in graduation characteristics, and it builds the attribute information of the enterprise and historically recruited students as a corporate-attribute bipartite graph. The model, afterwards adopts a kind of optimized PersonalRank algorithm, and uses the random walk in the enterprise property bipartite graph to calculate the sensitivity of the enterprise to the graduates' feature interests, and it associates the similarity calculation method with the company's sensitivity. To optimize the previous cosine similarity calculation method, the Top-N recommendation is finally linked to the corporate job search index. The above recommendation process is specifically shown in Figure 1 (Liu & Zhang, 2020). This method can be divided into four basic steps: Firstly, build the enterprise-attribute bipartite graph model; Secondly, calculate the sensitivity of the company's interests; Thirdly, calculate the relevance of recent graduates and previous graduates; Fourthly, Top- N recommended.

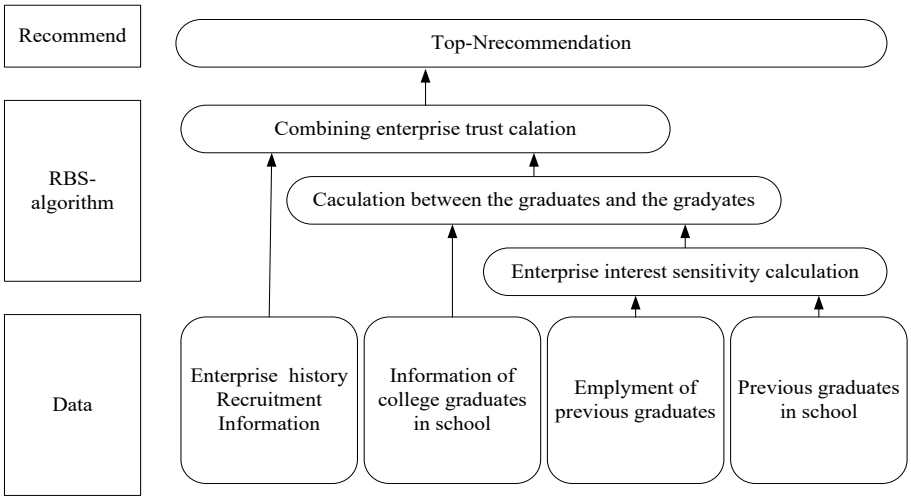


Figure 1 – Flow Chart Based on the Interest Sensitivity Recommendation Algorithm

After that we built the enterprise-attribute bipartite graph. Based on the analysis of employment history data, gender, the existence of internship experience and other relevant attributes, the impact of college graduates on employment, detailed discussion of their characteristics and quantification process are detailed in Table 1.

Attribute	Explain	Quantitative standard
Gender	Graduate sex	Male: 1, female: 0
Practice experience	Participation in social practice	Times of social practice
Party member	Whether or not a party member is a party member	Party members: 1, not party members: 0
Achievement point	Transformation of University achievements into achievement points	Calculating method of calculating average point of achievement by using Peking University
competition	The number of awards in the competition during the University	Actual number of awards
Scholarship	The number of scholarships received during the University	Number of scholarships
Class dry	Have you served as a class	It's Ben: 1, not class: 0

Table 1 – Attribute Quantizing

In this process, the attributes of all companies and former graduates must be organized as a corporate-attribute dichotomy $G(V,B)$, as shown in Figure. 2, which applies to modeling and the calculation of the potential links between the firm and graduate characteristics (Sheng, 2017). In the bipartite graph, $V = V_{company} \cup V_{attribute}$, V is composed of an enterprise vertex set $V_{company}$ and an attribute vertex set $V_{attribute}$, which are composed of an enterprise vertex set $V_{company} = \{V_{c1}, V_{c2}, V_{ci}, ..., V_{cm}\}$, where V_{ci} represents the i th enterprise vertex, m represents the number of the enterprise, $i \in [1,m]$, and the attribute vertex set $V_{attribute} = \{V_{a1}, V_{a2}, V_{aj}, ..., V_{an}\}$, where V_{aj} represents the jth enterprise vertex and n represents the number of attributes, $j \in [1,n]$ (Ushakov et al., 2020). If there is a relationship between any enterprise vertex V_{ci} and any attribute vertex V_{aj}, then the two vertices are connected in a line. A set of edges $E = \{e_{11}, e_{22}, e_{1j} ... e_{31}, e_{32} ... e_{ij},\}$, where the face e_{ij} indicates that there is an edge between the enterprise vertex V_{ci} and the attribute vertex V_{aj}, and whether the edges V_{ci} and V_{aj} have one edge or not it needs to be defined using formula (1).

$$e = \begin{cases} 1, \text{If the enterprise } V_{ci} \text{ recruitment is } V_{aj} \\ 0, \text{If the enterprise } V_{ci} \text{ recruitment does not exist } V_{aj} \end{cases} \tag{1}$$

Accurately gaining corporate interest sensitivity is an important step to improve the success rate (Xia et al., 2017). It based on the optimization of Personal Rank in this paper, a Sensitive-Personal Rank algorithm is proposed, which is applied to the

calculation of interest sensitivity of enterprises (Yan et al., 2017). The number of times, the bipartite graph weights and the same attributes are selected is in a positive proportion relationship, and the number of times of generating of the interest attributes is inversely proportional. The formula for updating the node with the above Sensitive-PersonalRank algorithm is specifically as (2):

$$PR(v)=\begin{cases}\alpha\sum\limits_{v'\in in(v)}\dfrac{PR(v')c_{vv'}}{c_{v'}}(v=v_u)\\(1\text{-}\alpha)+\alpha\sum\limits_{v'\in in(v)}\dfrac{PR(v')c_{vv'}}{c_{v'}}(v\neq v_u)\end{cases}\tag{2}$$

Among them, α is a random walk depth factor. Based on the comparison of experimental results, the value of α is 0.70, $PR(v')$ is the value of the adjacency point, c_{vv} is the number of side joins that are required for the current walk node to this node, and c_v belongs to this node. It is the sum of all node selections (Yanling & Wei, 2016). The Sensitive-PersonalRank algorithm flow specifically includes: inputting enterprise and enterprise recruiting student attributes to construct a bipartite graph $G(V,E)$, an initial node V_u, and a set number of iterations p. Output corporate recruitment interest sensitivity is spr. Select the enterprise vertex V_u as the starting node for random walk, and initialize the PR value of this point to 1; select the random walk probability α, V_u is belonging to the starting point of the enterprise property bipartite chart to walk randomly and take the formula (2) to do it. The (PR(v) value of each fixed point is updated; the convergence of each vertex (PR (v) value) is judged.

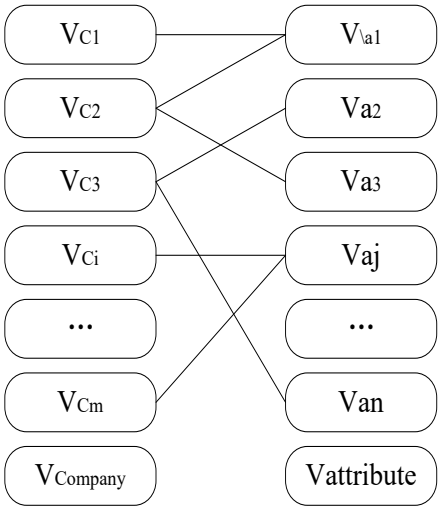


Figure 2 – Enterprise Attribute Two Partite Graph Model

In terms of similarity calculation, when calculating the similarity between recent graduates and previous graduates, it effectively combines the interest sensitivity of

different companies for different attributes to ensure that the similarity calculation result can meet the actual needs of the enterprise and the accuracy of the recommendation results can be achieved. Promoted by associating the sensitivity of students with various characteristics of the students, we designed a method for calculating the weighted cosine similarity based on interest sensitivity. The sensitivity of the enterprise's attribute-oriented sensitivity is considered as the weight of the matched attribute, and the sensitivity is higher. Dawei means that this company's attention to this property in the recruitment process is greater. Combining with the above analysis, the graduate student is facing the previous student's similarity calculation formula for st' as in (3).

$$sim(st, st') = \frac{\sum_{j=1}^{n} st_j \times st_j' \times spr_{i,j}^2}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n} (st_j \times spr_{i,j})^2} \times \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (st_j' \times spr_{i,j})}} \tag{3}$$

As formula (3), st_j belongs to the jth attribute value in the fresh student vector, st_j' belongs to the jth attribute value in the previous student vector, spr_{ij} belongs to the interest sensitivity of the enterprise i to the attribute j. Based on the purpose of improving the accuracy of the recommendation, the article adds a degree of corporate trust $Trust(com_i)$, which is the degree of entrepreneurial enrollment. $Trust(com_i)$ is related to the number of students enrolled in colleges and universities in a short period of time. The greater the number, the higher the frequency of student enrollment activities in the university. The company's activity needs to maintain a proportional relationship with the number of students enrolled, and maintains an inversely proportional relationship with the enrollment interval. Actual formulas can be expressed as follows:

$$Trust(com_i) = \sum_{t}^{T} \frac{c_{it}}{c_{it} + \beta(T - t)} \tag{4}$$

In formula (4), c_{it} represents the number of people enrolled at time t at enterprise com_i, and β is a time-impacting factor. The value of β in the text is 0.5, and T indicates the date of a recent enrollment. In view of the fact that some companies have conducted campus recruitment at this school a long time ago, they have not been recruited in the near future. They can think that this company's student acceptance of this school is not high. It needs to reduce the probability that this company is recommended to graduates, so in the process of implementing Top-N recommendation, based on the sensitivity to interest, and combined with the enterprise confidence level $Trust(com_i)$, we get formula (5), with this formula, the N most similar previous pays are recommended to graduates as the basis for employment reference. The most similar salary for previous students was

recommended to freshmen as the basis for employment reference. The adaptation com_i of the fresh graduates and the company adopts formula (5) to represent:

$$\Pr e(st, com_i) = sim(st, st') \times Trust(com_i) \tag{5}$$

According to formula (3), the similarity calculation result of $sim(st, st')$ in formula (5) can be obtained, and com_i is the enterprise trust degree belonging to enterprise i can be obtained by formula (4).

3.2. Algorithm Evaluation Index

Set the number of enterprises to be m, the number of attributes is n, the maximum number of iterations is p, the number of fresh students is q, the number of previous students is z, and the number of recommended lists is N. In the four steps of the algorithm, the first step is to build the user-item bipartite graph model whose complexity is $O(m * n)$; the second step is to calculate the sensitivity of the company, the complexity is $O(p * m * n)$; the third part is the corresponding students and previous students. The correlation is calculated and the time complexity is $O(q * z)$; the complexity of the Top-N recommendation in the fourth step is $O(q * z * N)$. Combined with the above discussion, the overall time complexity of the algorithm is $O(m * n) + O(p * m * n) + O(q * z) + O(q * z * N) < O(2n^3 + 2n^2)$, which is $O(n^3)$. The evaluation indicators chosen in the article specifically cover three evaluation indicators: recommendation accuracy (P), average order countdown (MRR), and user satisfaction (S). For the recommendation accuracy rate (P), the accurate reading of the recommended algorithm used by this indicator in the recommendation system is one of the key evaluation indicators. The merits of this indicator can show the advantages of the recommendation algorithm. The definition of the accuracy rate recommended in the text is: the proportion of the number of accurately recommended positions in the total number of recommended positions. Among the test graduates, if there is a company with a contract with the graduates in the recommendation list, it can be determined that the recommendation is successful. The collection of fresh graduates is C, and any graduate $stu \in C, N(stu)$ is a list of jobs recommended by stu, so that stu's real contracting companies use the outer W (stu). Combined with the above analysis, the calculation method of the recommendation accuracy rate P selected in the text is specifically as shown in formula (6).

$$p = \frac{\sum_{stu \in C} 1}{|C|}, N(stu) \in W(stu) \tag{6}$$

In terms of MRR, this indicator is generally used in the recommendation system to recommend the quality of the recommendation list, which is one of the most common evaluation indicators in the recommendation system. The relevant result of this indicator and the user is the more advanced area of the recommendation list, the better the recommendation quality that the algorithm has. The MRR is defined as the average of the reciprocal position of the graduates in the list of graduates. The larger the value is, the higher the number of companies that are associated with the graduates are at the top of the recommendation results. This result ensures that the users are more satisfied. The number of newly graduates is C, any graduates $stu \in C$, and stu's recommendation list is

N(stu), and stu contracted enterprises are written as W(stu). If W(stu) is in the recommendation result, let the location of the W(stu) recommendation results is L(stu); combined with the above discussion, the MRR measurement formula chosen in this paper is as (7).

$$MRR = \frac{\sum_{stu \in C} \frac{1}{L(stu)}}{|C|}, \frac{1}{L(stu)} = \begin{cases} \frac{1}{L(stu)}, W(stu) \in N(stu) \\ 0, N(stu) \notin W(stu) \end{cases} \tag{7}$$

In terms of recommendation satisfaction (S), this indicator is used in the recommendation system to evaluate the user's recognition of the system recommendation results. After using the system, the graduates made three choices of "satisfactory", "satisfactory", and "unsatisfactory" with regard to the results. Based on the above three types of evaluation results, statistical analysis was performed to represent the effectiveness of the algorithm.

4. Result Analysis and Discussion

This section selects W1 as the test set of algorithm performance analysis. The above recommendation evaluation index was adopted to test the performance of the RBSI algorithm. The P and MRR indicators were analyzed to determine the initial values of the optimal recommendation list levels N and a. The a value represents the initial weight of the algorithm in formula (2). After comparing with the recommended performance of other algorithms, the validity of this algorithm is tested. In the end, with the use of the system by the user, the user evaluation results were statistically analyzed and the user satisfaction was tested. Firstly, the P index is evaluated, and the length of the RBSI recommendation list is N, and the recommended accuracy P under the condition that the test N belongs to different values. P is different from the value of the initial weight a in formula (2). Specifically as shown in Figure. 3.

It is obvious from Fig. 3 that in the case of a=0.05, the P index in RBSI is lower than other values. As the value of a increases, the P indicator firstly rises, and the trend of increasing a between 0.65 and 0.75 continues to slow down, and there is a highest accuracy P between 0.7 and 0.75. According to the above analysis, the recommendation list is similar when the a value is taken. In the case of a=0.75, the recommendation accuracy is the highest when the recommended list length is N=25, but the recommendation accuracy rate is basically the same when N=25 and N=20. In the case of N=20 and N=25, the P index of the upward trend continues to slow down, which means that more unrelated results

are added to the recommendation list when the recommendation list continues to grow. Under normal circumstances, when it is similar to P, it needs to choose a smaller value of N. Therefore, the recommended list length of RBSI algorithm is N=20, and it can reach 49% with the highest accuracy rate. It can get more excellent recommendation effect, and it can provide scientific and effective guidance for the employment of graduates. In terms of MRR index evaluation, using the accuracy analysis under the above-mentioned various N values, it is clearly that the recommended list length of RBSI algorithm is N=20. The in-depth analysis and evaluation of the performance and a-values of the recommended algorithm are performed. The average reciprocal of the ranking is used to perform the evaluation.

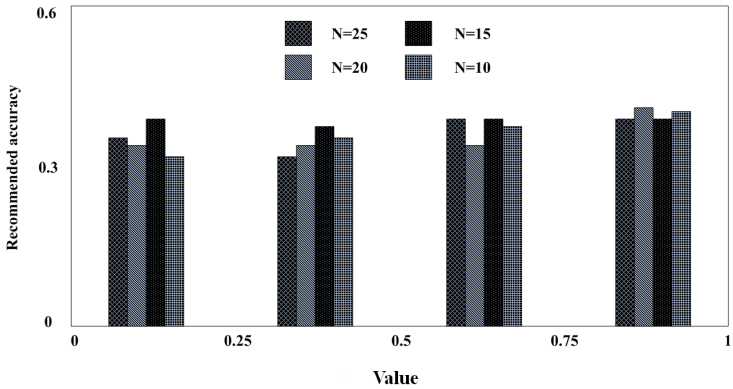


Figure 3 – RBSI Recommends a Trend Map of the Rate of Change

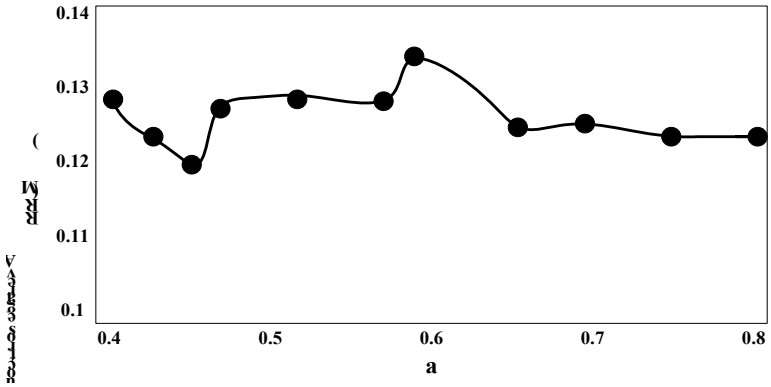


Figure 4 – MRR Trend Map

It can be known from Fig. 4 that in the case of N=20, the MRR curve does not change regularly in the initial stage, and then it shows the changing trend of increasing and decreasing first. The value of a is 0.5 to 0.9. The change trend of the accuracy rate P is basically consistent. From the graph, it can be understood that after a=0.70, the MRR continues to decrease, but the recommendation accuracy rate shows a slowly rising trend.

Based on the analysis of the two performance indicators of the recommended accuracy rate and the MRR in the case of a=0.70 and a=0.75, RBSI can choose to use a smaller recommended list length for better performance when a=0.70 performance. Therefore, this algorithm sets the initial random walk weight a to 0.70 and the recommended length to be N=20.

Afterwards, we compared the algorithm in the paper with other algorithms. The existing algorithm was used to verify the performance of this algorithm in this paper. Based on this data, the employment recommendation algorithm for college graduates based on the company's recruitment history was achieved. The employment recommendation algorithm based on interest sensitivity was compared in this paper. From the recommendation result in Fig. 5, it can be known that, in the case of an initial recommendation list of N=5, the performance of the RBSI algorithm and the college graduate employment recommendation algorithm based on the company's recruitment history information are basically the same, and the value of # is continued. Under the increasing conditions, the P indicators of both algorithms show a certain upward trend, and they show an overall increase and then show a decrease trend. With N=20 and N=25, the highest accuracy can be achieved. It can be seen from the figure that RBSI is significantly more advantageous than the college graduate employment recommendation algorithm based on the company's recruitment history information.

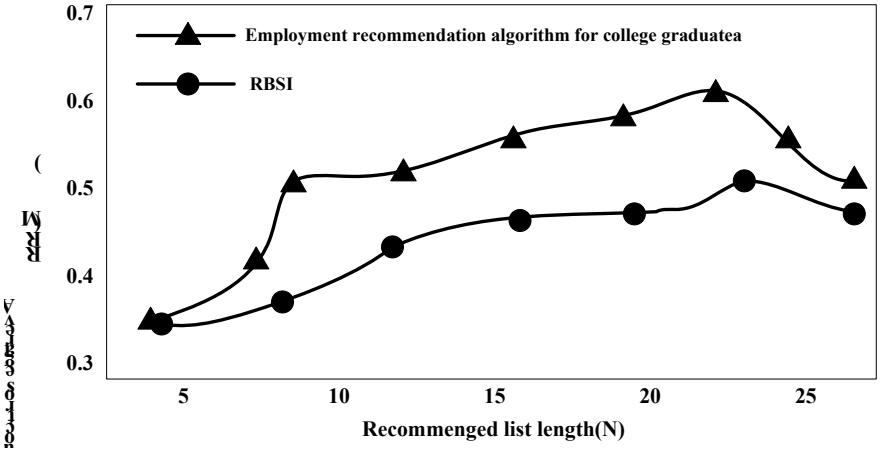


Figure 5 – Algorithm Comparison Result Diagram

In terms of user satisfaction, a random selection of 50 students graduate at Shandong Normal University in 2016 relied on the system to evaluate the recommendation results. Graduates use the login system to select the degree of acceptance for the 20 recommended records. According to the evaluation results, there are 581 satisfactory evaluations. The proportion of the overall recommendation is 58.1%. There are 306 satisfactory evaluations. The proportion of the overall recommendation is 3.3%. The statistical results are shown in the figure. 3-6. Using the evaluation, most users expressed their approval of the algorithm's recommendation results, and only 11.3% of the user's

recommendation results were negative. This represents a relatively high degree of practicality of the recommendation results caused by RBSI, which can provide relatively satisfactory recommendation services to graduates.

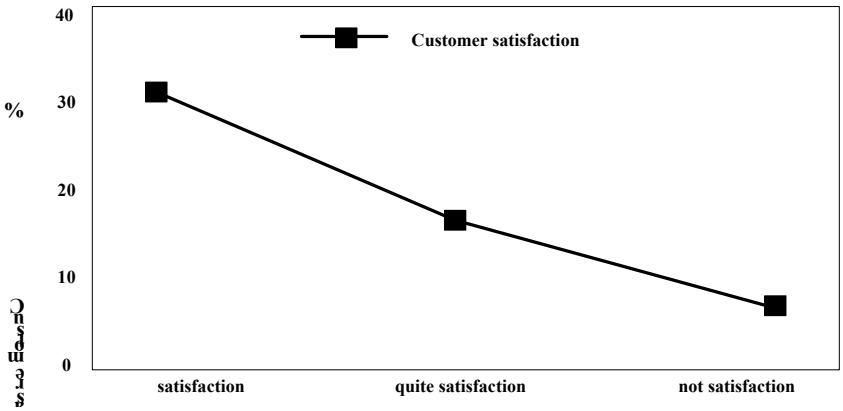


Figure 6 – The use of Evaluation Statistics for Graduates

5. Conclusions

Based on the background of big data, it researched hotel management, combined the process of hotel staff recruitment and training, and proposed an employment recommendation algorithm based on corporate interest sensitivity in this paper. The specific application is to deal with school training and corporate hiring preference acquisition and graduate history information. It is the question about how to use it. This algorithm began with an analysis of the death of graduate recruitment in the company's historical recruitment information. Under the premise of effectively linking college graduates to school information and previous employment data, it optimized the Personal Rank algorithm and showed the company's performance in historical recruitment data. The sensitivity to the characteristics of the graduates; after that, contacted interest sensitivity to design the correlation calculation between the recent graduates and previous graduates; in the end, contacted the enterprise trust degree, and the employment of similar previous graduates to the end of the term graduates were recommended to give an effective reference for their employment. The experimental results and the assessment of the corresponding graduates show that this aspect can provide clear help for the graduates' job search goals, promote employment, and provide graduates with scientific and effective employment guidance.

References

Alrawadieh, Z., Guttentag, D., Aydogan, C. M., (2020). Budget and midrange hotel managers' perceptions of and responses to Airbnb: evidence from Istanbul. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 32(2), 588-604.

Bazkiaei, H. A., Heng, L. H., Khan, N. U., (2020). Do entrepreneurial education and big-five personality traits predict entrepreneurial intention among universities students? *Cogent business & management,* 7(1), 1801217.

Dunhai, W., Yu, X. (2017). Research on the Evaluation of Knowledge Innovation Ability of Enterprise Based on Knowledge Management. *Journal of Convergence Information Technology,* 8 (9), 811.

Girard, T., Pinar, M. (2021). An empirical study of the dynamic relationships between the core and supporting brand equity dimensions in higher education. *Journal of Applied Research in Higher Education,* 13(3), 710-740.

Hosseinikhah, C. S. (2019). Applying innovation attributes to predict purchase intention for the eco-labeled products: A Malaysian case study. *International Journal of Innovation Science,* 11(4), 583-599.

Kryukova, E. M., Khetagurova, V. S., (2020). Modern methods and approaches to the management of the hotel services promotion. *Revista Turismo Estudos & Práticas,* (S3), 2-2.

Liu, X., Zhang, N., (2020). Research on customer satisfaction of budget hotels based on revised IPA and online reviews. *Science Journal of Business and Management,* 8(2), 50.

Sheng, X. C. (2017). The Design and Implementation of Enterprise Training Management System Based on.NET. *Applied Mechanics and Materials,* 3468 (644), 782.

Ushakov, R. N., Kryukova, E. M., Khetagurova, V. S., (2020). Efficiency of hotel management. Training of specialists in hotel industry field. *Journal of Environmental Management & Tourism*, 11 (42), 388-395.

Xia, H., Min, Z., Shuang, L. (2017). Research on the Design of Enterprise ERP Information Management System. *Journal of Convergence Information Technology,* 8 (6), 115.

Yan, L. (2017). Research on The Informatization Management of Enterprises under The SaaS Model. *Journal of Convergence Information Technology,* 8 (6), 456.

Yanling, J., Wei, G. (2016). A Primary Research on the Validity of Enterprise Encouraging System Based on the Paradigm of Strategic Ecology Management. *Modern Applied Science,* 1 (2), 900-901.

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

Recebido/Submission: 12/10/2022
Aceitação/Acceptance: 22/12/2022

Study and Practice of Laboratory Safety Management and Asset Management Evaluation Based on Computational Intelligence

Xuezhi Yuan*, Xiaofeng Xu, Liang Zhang

20051037@nnutc.edu.cn

School of Chemistry and Bioengineering, Nanjing Normal University Taizhou College, Taizhou, 225300, China

Pages: 391-403

Abstract: With the deepening of modern education reform, the construction of high school laboratories is developing towards standardization, intelligence, informatization, openness and sharing. With the increase of experimental instruments and projects, laboratory management has become increasingly complex. The traditional way based on manual management can no longer meet the requirements of modern laboratories, and the management means of laboratories should also become more information and intelligent. The tracking security detection model based on local population is gradually applied to the security evaluation system of university laboratories. This paper first studies the application of BP neural network algorithm in the university laboratory safety monitoring system. Then, according to the characteristics of security behavior, a target local population tracking method based on BP neural network algorithm is proposed. The results show that the safety evaluation method of university laboratory based on BP neural network algorithm can effectively select the population with safety problems and conduct multiple identification of trace safety. Use intelligent terminal equipment to realize intelligent control and asset management of the laboratory. Realize the collection of laboratory digital information, mine and analyze the laboratory data, and provide decision support for the intelligent management of the laboratory.

Keywords: Cloud Computing; File Transfer Security; Security Technology; Asset Management Evaluation

1. Introduction

University laboratories play an important role in auxiliary teaching and scientific research. Experiments can increase students' understanding of knowledge. At the same

time, it can well cultivate students' thinking and dynamic ability, and emphasize the interaction between teaching and learning in combination with theory and practice. At the same time, laboratories are often places for exhibition and experience of high-tech, high-tech equipment and high-tech achievements. It is also the place of R&D and birth of high-tech projects. Its own environmental equipment and personnel supervision technology should not be too outdated. There are usually various precision experimental instruments and equipment in the laboratory, and the equipment is relatively expensive. The indoor environment of the laboratory also has a certain impact on the service life of the experimental equipment. Recently, there are various problems in the equipment management, personnel management, basic equipment and environment of traditional laboratories. For example, the normal operation of precision instruments can ensure the effective operation of the equipment only under the specified temperature, humidity and other conditions. Extended life. Another example is the high price and the risk of loss. Temperature monitoring in the equipment room, if there is high temperature, timely remind or remote equipment linkage. Ventilate or turn on the precision air conditioner to cool down and ensure the normal operating temperature of the equipment (Alok et al., 2020). Personnel entering and leaving the laboratory failed to register in time, and there was no good intelligent access control system for control. The current problems in laboratory management will affect the safety of laboratory equipment and management risks. Therefore, it is necessary to develop an effective laboratory intelligent management system to carry out unified management of the laboratory and effectively improve the management level of the laboratory. The system not only monitors the laboratory equipment, but also monitors the laboratory environment, personnel and other relevant parameters. Early warning and alarm will be sent at the first time, and laboratory management personnel can find problems as soon as possible and eliminate hidden dangers. Effectively reduce laboratory management costs and operation and maintenance costs (Patel et al., 2020).

Intelligent laboratory management system is a way to realize automatic laboratory management relying on Internet of Things technology and information technology. It aims to improve the efficiency of laboratory management and reduce the cost of operation and maintenance. The realization of intelligent laboratory management system needs to pay attention to the development of the following aspects: Automatic recognition technology Automatic recognition technology: such as barcode recognition, optical character recognition, intelligent character recognition and biometric recognition. Through the use of automatic identification technology, personnel management, equipment management and effective information tracking can be realized (Ding et al., 2015). Equipment communication technology Equipment communication technology mainly realizes data acquisition, transmission and processing of equipment, usually including serial communication and network communication. For example, the commonly used data acquisition protocol MODBUS serial port communication and TCPI protocol serial port communication are used for data acquisition and processing of front-end sensing equipment through certain protocols and instructions (Jiang et al., 2017). The system integration software technology management system finally realizes the collection, data processing and display of the underlying data. At present, the system integration software interface is highly developed, and various front-end sensors are accessed through the system integration technology. Realize data monitoring and

equipment remote control, have strong information and data interaction ability, and effectively use the collected laboratory management data.

2. Related Work

Intelligent laboratory management system integrates information technology, sensor technology, communication technology and network technology to realize the management of laboratory environment, personnel and operation status. The intelligent laboratory management system can enable the laboratory and management personnel to interact with each other, and has the function of daily management and timely handling in case of abnormality. With the development of communication technology, the Internet of Things technology has become the mainstream of the world's scientific and technological development, and the most representative of which is technology. This technology has been stably applied in many fields such as production, manufacturing, asset management, etc. As the first prototype of the Internet of Things, the perception layer technology is complementary to the Internet of Things. While technology promotes the development of the Internet of Things, the development of the Internet of Things also promotes the application and development of technology. For example, through RFID, you can get the static information of the goods, and also get the dynamic information of the goods, such as the drug field, the express field, etc. You can track the location, origin, and route information of the drugs and the goods. In addition, the technology is also applied to scene such as channel management, data acquisition and identity confirmation, personnel attendance, vehicle and other object positioning.

By the end of October 2017, the research on safety evaluation of laboratories in colleges and universities around the world mainly includes Multi - feature Monitoring of Laboratory Population (MFMLP), ant Colony Algorithm Security Monitoring (ACLSM), Smart Key Security, and Intelligent Campus Security Monitoring (ICSM). Except ICSM, none of the above systems involves the construction of security model based on group behavior characteristics, and there is no security evaluation model and research in this field in China. From the point of view of the safety evaluation of university laboratories, both domestic and foreign studies (such as MFMLP, ACLSM, Smart Key Security, and Intelligent campus security monitoring (ICSM)) have strong characteristics of specific groups and dynamic factors tracking, and do not have the uniformity and utility of automatic safety detection in university laboratories. Therefore, it is difficult to achieve the security intelligent recognition effect based on multi objective characteristic behavior of massive college teachers and students group (Piryonesi et al., 2020).

In addition, the domestic is in the development stage of the efficient algorithm for the security detection system in colleges and universities, and so the security system based on BP neural network algorithm with "fuzzy group identification" has more extensive application space. However, the mainstream security detection systems at home and abroad have not yet developed to a very mature stage, and the automatic tracking detection system based on special monitoring population and special targets is still used mainly. There is a big gap between the error rate of the safety behavior monitoring system and the stability of the related algorithms, and talents are shortage in the core technology of computer algorithms and the optimization of related models in our country. Therefore, it is very important and urgent to use the security model based

on BP neural network algorithm with fuzzy group characteristics to detect the safety of university laboratories (Piryonesi et al., 2020).

3. Methodology

3.1. Principle of Genetic Algorithm

The well-known genetic algorithm is based on the basic principle of "survival of the fittest" described by Darwin's evolution theory (Wang et al., 2017). Through the selection, crossover and mutation of the population with multiple obvious characteristics, the population optimization can be achieved. The individuals with good fitness are more likely to be selected; on the contrary, the individuals with poor fitness are less likely to be chosen (Brous et al., 2019). The new generation of crossover generation not only inherits the information of the previous generation, but also has better adaptability than the previous. After several generations of cycles, the individual with the condition is finally generated, that is, approximating the optimal solution. Genetic algorithms mainly include 3 basic steps: selection, crossover and mutation (Crovini et al., 2021).

3.2. Optimization of BP Neural Network by Genetic Algorithm

The overall feature of genetic algorithm is based on integer fuzzy search. However, the well-known BP neural network, rather than search for the whole target, is to search for the whole local target and obtain the optimal situation which is suitable for the experimental target (Krueger et al., 2020). Therefore, according to the university laboratory safety system model, firstly, the genetic algorithm is used to determine the optimal approximate range of the initial weights and related threshold data needed by the BP neural network. Then, the BP neural network algorithm is used to search the local target in the laboratory population of the university. And finally the optimal solution search is obtained, and then the specific target with security suspicion is screened out.

The model of intelligent identification and detection of university laboratories constructed in this paper adopts three layer BP network structure. It is assumed that the number of input layer, hidden layer and output layer node in the model is N, S and M, respectively, and the required encoding length L is:

$$L=S\times N+S\times M+N+M \tag{1}$$

The specific structure of the neural network is shown in figure 1.

The R connection weights in the target population of the university laboratory can be assigned to the BP network, so that the input signals can be transmitted in many directions. Therefore, the square error between the safety coefficient output value s_j and the safety expectation value $\frac{1}{1+e^{-s_j}}$ is y_j in the university laboratory safety network, and the fitness function is set as:

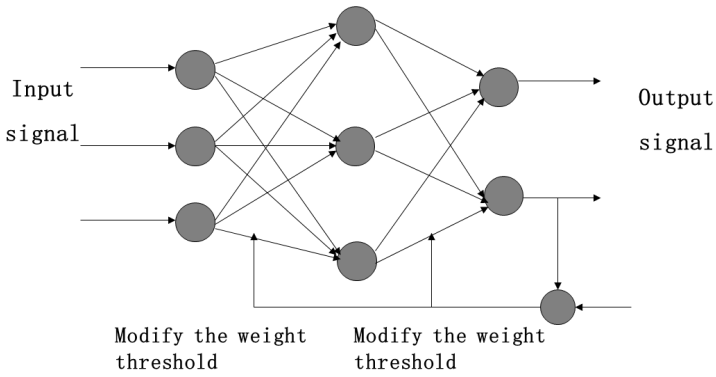


Figura 1 – Three - layer BP Neural Network Structure

$$y_j = f(s_j) = \frac{1}{1+e^{-s_j}} w_{nj} \tag{2}$$

The specific BP neural network processing method is shown in figure 2. x_1 to x_n is a random group target. w_{nj} is the corresponding way.

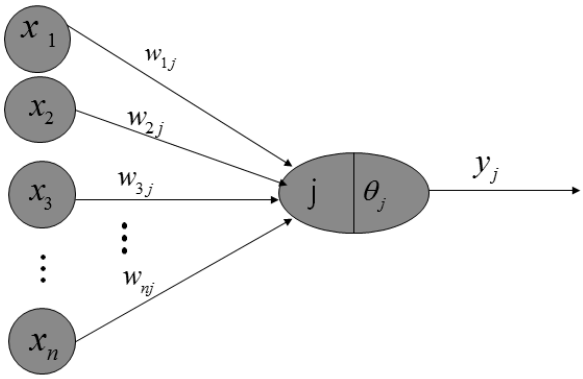


Figure 2 – BP Neural Network Processing Unit

From the point of view of the international security detection coefficient, the laboratory safety system of the university can combine the genetic algorithm with the international security evaluation standard of BP neural network, and consider the different weights. As a result, the smaller the square of the correlation error, the higher the safety adaptability of the experimental system is, and the better the safety evaluation of the university laboratory can be.

3.3. Genetic manipulation

Selection: in the well-known BP neural network, the selection of the specific target (according to the similarity degree of fuzzy features) is realized by the relative sorting method according to the fitness of the target. Firstly, the fitness of each local element in the target group (the population entering and leaving the university laboratory) is calculated by computer related programs. Then, the automatic intelligent ranking is achieved by the fitness value of each individual in the laboratory population. According to the ranking results, the probability of each individual in accordance with the fuzzy feature tracked by the BP neural network is sorted intelligently. And the corresponding distribution principle is that the large fitness corresponds to the higher selection probability, and the small fitness value of the individual corresponds to the corresponding low selection probability, as shown in figure 3.

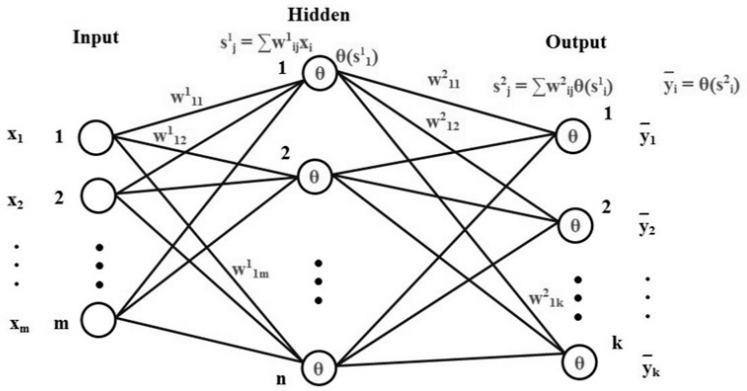


Figure 3 – Genetic Selection of BP Neural Network

Crossing: the core operation of BP neural network algorithm and genetic algorithm is known as crossover operator. Each local individual is produced by the crossing of all the objects, and will gradually enlarge the scope of the search in the collective target group, so as to achieve the goal of accurate search in the whole population. In addition, the well-known crossing is to select two individuals in all individuals (people only entering and leaving the university laboratory), then judge the characteristics of their safety behavior information, and finally make a cross comparison of them at a certain probability, so as to realize the generation of new individuals, then develop self-learning, and ultimately achieve accurate security judgments.

BP algorithm is used in the laboratory safety system of university, and the learning process can be divided into four stages: the process of pattern propagation, the process of error reverse propagation, the process of memory training, and the process of learning convergence. Then, taking the three layer BP neural network as an example, the standard BP neural network algorithm used in the university laboratory safety system is introduced.

Its input mode vector is:

$$X^k = (x_1^k, x_2^k, \cdots x_n^k)^T (k = 1, 2, \cdots m) \tag{3}$$

The expected output vector of the corresponding input mode is:

$$Y^k = (y_1^k, y_2^k, \cdots y_q^k)^T \tag{4}$$

The net input vector of the intermediate hidden layer is:

$$S^k = (s_1^k, s_2^k, \cdots s_p^k)^T \tag{5}$$

Output vector is:

$$B^k = (b_1^k, b_2^k, \cdots b_p^k)^T \tag{6}$$

The net input vector of output layer is:

$$L^k = (l_1^k, l_2^k, \cdots l_q^k)^T \tag{7}$$

The actual output vector is:

$$C^k = (c_1^k, c_2^k, \cdots c_q^k)^T \tag{8}$$

The connection weights between input layer and hidden layer are as follows:

$$W = \{w_{ij}\} (i = 1, 2, \cdots n, j = 1, 2, \cdots p) \tag{9}$$

The connection weight between the hidden layer and the output layer is:

$$V = \{v_{jt}\} (j = 1, 2, \cdots p, t = 1, 2, \cdots q) \tag{10}$$

The threshold of each unit in the hidden layer is:

$$\theta = \{\theta_j\} (j = 1, 2, \cdots p) \tag{11}$$

The threshold of each unit of the output layer is:

$$\gamma = \{\gamma_t\}(t = 1, 2, \cdots q) \tag{12}$$

The specific process is illustrated in figure 4.

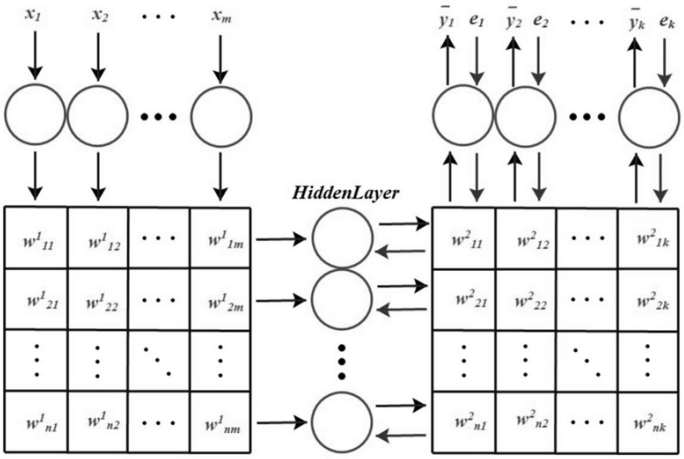


Figure 4 – Self - Learning Process of BP Neural Network

3.3. Detailed Working Process of BP Neural Network Algorithm

Initialization;

A learning pattern is randomly selected to provide the target (X^k, Y^k) to the network.

1. The output of the input layer is calculated. The output vector of the input layer is the same as the input pattern vector.
2. The net input S_j^k and output b_j^k of each neuron in the intermediate hidden layer are calculated.

$$S_j^k = \sum_{i=1}^{n} w_{ij} x_i^k - \theta_j \text{ and } b_j^k = f(s_j^k) \tag{13}$$

3. The net input l_t^k and actual output c_t^k of each neuron in the output layer are calculated.

$$l_t^k = \sum_{j=1}^{p} v_{jt} b_j^k - \gamma_t \text{ and } c_t^k = f(l_t^k) \tag{14}$$

4. The correction error of each neuron is calculated according to the specified expected output.
5. The correction error of each neuron in hidden layer is calculated.

6. The connection weight v of the hidden layer to the output layer and the threshold γ of the output layer neuron are corrected, and the intelligent learning rate is $0< \alpha < 1$.

$$\Delta v_{jt} = \alpha d_t^k b_j^k \tag{15}$$

7. The connection weight w of the input layer to the hidden layer and the threshold θ of the hidden layer neurons are corrected, and the learning rate is $0< \beta < 1$.

$$\Delta w_{ij} = \beta e_j^k x_i^k \tag{16}$$

8. The next learning mode is randomly selected to provide the network and return 3 until all the m learning patterns are finished. The global error E of the network is determined whether it meets the precision requirement. If it is satisfied, it will go to the end or continue. The number of network learning is updated. If the number of secure learning is less than the specified number of times, 2 is returned.

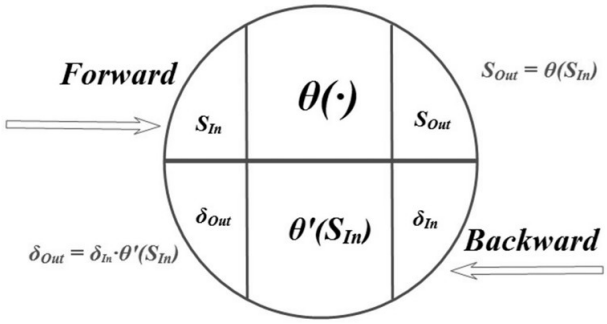


Figure 5 – BP Neural Network of the Internal Structure of a Single Neuron

The structure of the schematic diagram of the single neuron in the self-learning process of BP neural network is shown in Figure 5 (the connection weight W and the threshold θ of the hidden layer neuron). In the laboratory safety system of universities, 3~5 is the progressive propagation process of input learning mode; 6~9 is the inverse propagation process of network error; 10 is the completion of training.

3.4. Problems Needing Attention in the Construction Process of Bp Neural Network Algorithm

The expected output of the safety group goal learning model to the local group is a representation of the pattern classification. The error inverse propagation process is the process of transmitting the output layer error to the hidden layer. And the correction error of each hidden layer processing unit is generated by the correction error of q output layer processing unit.

The intelligent safety training process is a process of repeated learning. In each study, the connection weights and thresholds of each layer should be adjusted according to the error between the expected output and the actual output of the network, and the actual output of the network will gradually approach the corresponding expected output.

The convergence identification process is the process that the global error tends to minimum, that is, the actual output of the network is very close to the expected output process.

In the BP neural network, the sigmoid function is used as the transfer function, so the actual output of the network is a real number rather than the two valued discrete value in the single layer perceptron model. Therefore, when the network converges, the approximation relationship between the actual network output and the expected output can't be measured simply by yes or no, while it is a fuzzy concept, which represents the closeness between the actual output and the expected output.

4. Result Analysis and Discussion

4.1. Establishment of University Laboratory Safety Evaluation Model Based on Bp Neural Network Algorithm

According to the BP neural network algorithm, different groups of people are compared, and multi-level comparative analysis is achieved. Through the safety evaluation model of university laboratory based on BP neural network algorithm optimized by GA, firstly, the external features of the laboratory population are received through external equipment (sensors, cameras and other testing equipment) to process data. After that, the evaluation sample data of different individuals is obtained. Individual unique evaluation sample data is unified processed, and initialization weights and thresholds needed for related BP networks are realized. Then, the GA algorithm is used to optimize the initial weights and thresholds of the BP neural network through the genetic operations of selection, crossover and mutation. Then the optimal solution obtained by genetic algorithm is decoded as the optimal weight and threshold of BP neural network. The specific operation is shown in figure 6.

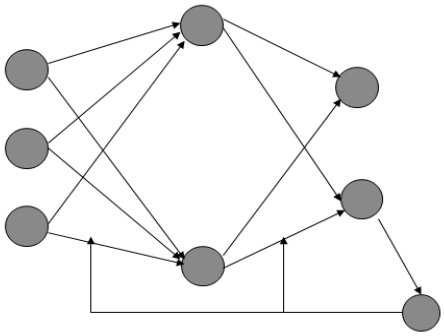


Figure 6 – Evaluation Model of University Laboratory Safety Based on BP Neural Network Algorithm

The calculation method used in the laboratory safety evaluation of university is the combinatorial generation algorithm of two target individuals. By selecting the parameters of the time stamp and random number in the laboratory monitoring system, the automatic intelligent selection of the elements of the image information processing is carried out. The time stamp is used to select the "row" element of the individual weight table, and the sub table of the key seed table of Y row Y column is selected. Then, according to the random number, the "column" element of the key seed table of Y row Y is selected, Y elements are selected, and a new set of behavior feature vectors is synthesized. In the BP neural network algorithm generated by two-way security behavior combination, there are y preset security information numerical parameters, and the weight data of the target individuals in the laboratory is divided into k matrix single row column vectors according to different security weight parameter settings. Through comparative analysis of the weight parameter values of different two times groups, and comparative analysis of the matrixes of the related security information converted to the space column vector, the security data of individual images detected in each laboratory can be automatically randomized in the two-way analysis of two types of individual behavior, and there is a high security level and a matching rate of file security feature values in the groups. The implementation process of the algorithm is as follows:

1. In the n (n > 0) target behavior information data of each individual in the laboratory, the safety behavior data array of y target individuals is determined randomly, and is used as the center of judgment for the initial safety threshold;
2. By means of BP neural network fuzzy processing, the other y-k target individuals are set according to the parameter values of y security features, and the computation and transformation of the security degree of the matrix column vectors between the two safety type matrix groups are carried out, so as to realize the security judgment between groups and the security judgment within the group, and to prevent the security misjudgment.

$$D=\begin{pmatrix} D_{00} & \cdots & D_{0y-1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ D_{w-10} & \cdots & D_{w-1y-1} \end{pmatrix}_{W\times W} \times \begin{pmatrix} D_{00} & \cdots & D_{0y-1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ D_{w-10} & \cdots & D_{w-1y-1} \end{pmatrix}_{Y} \tag{17}$$

$$E=\begin{pmatrix} E_{00} & \cdots & E_{0W-1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ E_{Y-10} & \cdots & E_{Y-1W-1} \end{pmatrix}_{Y\times W} \times \begin{pmatrix} E_{00} & \cdots & E_{0W-1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ E_{Y-10} & \cdots & E_{Y-1W-1} \end{pmatrix}_{W\ \ Y} \tag{18}$$

$$\overline{x}^{(n)}(k)=\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}x^{(n)}(k),\overline{e}=\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}e(k) \tag{19}$$

$\overline{x}^{(n)}(k)$ is weight feature, and $\overline{e}$ is mean value.

4.2 Safety Evaluation Result and Feedback of University Laboratory

At present, there is no standard reference standard for laboratory safety judgment in 34 universities in China. Therefore, in this paper, two different laboratory individuals were used as target experiment object, one of which was the individual with hidden danger behavior, and adopted the algorithm based on BP neural network. The automatic identification model of university laboratory safety evaluation model was applied. It is evident that the safety behavior thresholds of individuals in two laboratories with different safety levels vary greatly. The results of this experiment show that, for individuals who have a relatively different degree of safety behavior, the safety evaluation model of university laboratory based on BP neural network can accurately monitor the individuals with security risks. The related output feedback image is shown in figure 7.

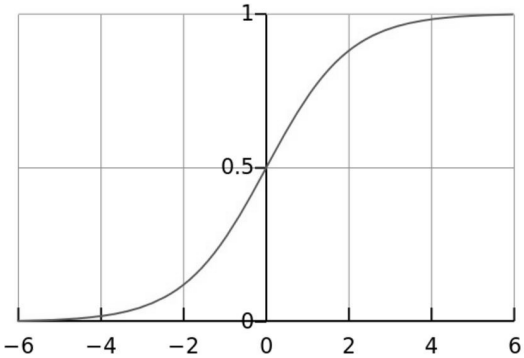


Figure 7 – Evaluation Result and Feedback Output Image of University Laboratory Safety Evaluation

5. Conclusions

In this paper, first of all, the research status and existing problems of safety behavior evaluation in laboratory safety evaluation technology field in China were expounded. Then, the monitoring method of GA-BP algorithm for the laboratory security model was proposed. Finally, the effectiveness of the method was verified by experiments. The experimental results show that, in the security evaluation model based on BP neural network algorithm, the improved neural network algorithm based on GA can quickly determine whether there is a hidden security problem. Through the experiment, two kinds of individuals with different degree of safety behavior were compared and analyzed. It is found that the error between the similarity of security behavior identified by the safety evaluation model of university laboratory and the similarity of the known safety behavior is stable within the standard reference range. This accuracy has met the requirements of the current university laboratory safety evaluation requirements, and can be applied to the safety behavior detection system of university laboratories. Although this technology is not mature enough, this technology has been able to solve the problem in the daily safety monitoring of university laboratories. Since then, the

technology should be explored to make it better for monitoring the safety of university laboratories.

References

Alok, S., Kumar, N., Wermers, R., (2020). Do fund managers misestimate climatic disaster risk. *The Review of Financial Studies*, 33(3), 1146-1183.

Brous, P., Janssen, M., Herder, P., (2019). Internet of Things adoption for reconfiguring decision-making processes in asset management. *Business Process Management Journal*, 25(3): 495-511.

Crovini, C., Santoro, G., Ossola, G., (2021). Rethinking risk management in entrepreneurial SMEs: towards the integration with the decision-making process. *Management Decision*, 59(5), 1085-1113.

Ding, S., Su, C., Yu, J. (2015). An optimizing BP neural network algorithm based on genetic algorithm. *Kluwer Academic Publishers,* 017(188), 497-507.

Jiang, G., Luo, M., Bai, K., (2017). A Precise Positioning Method for a Puncture Robot Based on a PSO-Optimized BP Neural Network Algorithm. *Applied Sciences,* 7(10), 969.

Krueger, P., Sautner, Z., Starks, L. T., (2020). The importance of climate risks for institutional investors. *The Review of Financial Studies*, 33(3), 1067-1111.

Patel, T. D., Haupt, T. C., Bhatt, T., (2020). Fuzzy probabilistic approach for risk assessment of BOT toll roads in Indian context. *Journal of Engineering, Design and Technology,* 18(1), 251-269.

Piryonesi, S. M., El,-Diraby. T. E., (2020). Data analytics in asset management: Cost-effective prediction of the pavement condition index. *Journal of Infrastructure Systems,* 26(1), 04019036.

Polinkevych, O., Khovrak, I., Trynchuk, V., (2020). Business risk management in times of crises and pandemics. *Montenegrin Journal of Economics,* 17(3), 99-110.

Wang, J., Shi, P., Jiang, P., (2017). Application of BP Neural Network Algorithm in Traditional Hydrological Model for Flood Forecasting. *Water,* 9(1): 48.

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

Recebido/Submission: 23/07/2022
Aceitação/Acceptance: 26/11/2022

Application of Virtual Reality Technology in Display Design

Yaodong Chai

qapd8815@163.com

Krirk University, Bangkok, Thailand

Pages: 404-414

Abstract: Virtual reality technology has certain application potential and promotion significance for the practical demonstration of auxiliary information technology. It can stimulate learning interest and enhance learning and practice experience. It provides a new and unique display mode for information technology. Compared with the general display mode, the display of virtual reality technology can re-integrate various display resources. Based on virtual reality technology, this paper analyzes the application of virtual reality technology in display. This paper expounds the meaning and characteristics of virtual reality technology. Combined with image-based virtual reality technology, a display application form based on virtual reality technology is proposed. This study provides important practical significance and theoretical basis for the research of virtual reality display. It enriches the transformation of educational concepts and learning concepts brought by display methods and learning cognitive methods.

Keywords: Virtual Reality Technology; Display System; Optimization Research; Application

1. Introduction

At present, virtual reality technology is widely used in the display of medicine, physics, chemistry, sports and other disciplines. Especially in the display of practice, experiment, training and product promotion, good application results have been achieved. And with the continuous development of science and technology, virtual reality technology can be extended to other disciplines. It can provide students with a virtual simulation training environment to do hands-on practice and master skills. With its own characteristics and advantages, virtual reality technology is gradually integrated with display methods in the field of education. As a modern educational technology and display method, it can

assist practical display. The virtual practice and practical training scene constructed by virtual reality technology has changed the passive and monotonous "cramming" display and training concept under the traditional common display method. Virtual reality technology assists the practical display of information technology, especially the practical display involving the composition of computer hardware system and the need for hands-on computer assembly. Virtual reality technology can solve the problem of "some conditions or environments required for practical display are limited, safe and too abstract". It is the demand of the development of modern scientific practice education and a new modern educational technology. Digital information is the symbol of the age of the 21st century, People's life is more and more inseparable from digital information (Chan et al., 2011). The government promulgated the outline document of relevant technical planning in 2006, and regarded virtual reality technology as the most important research in information field. At the same time, along with the continuous development of Internet technology and multimedia technology, new display media are emerging continually, a new type of education technology display media has appeared, that is virtual reality (Chou et al., 2015). To combine the network and virtual reality technology, it can better promote the application of high technology in human life, thus accelerating the modernization of education in China (Davis, 2015). With the development of natural science, in the display research activity adopted some of the modern science and technology more or less, but some problems still exist in current education display in China, for example, the scenario is not strong, the natural interaction is poor, based on these problems, to apply virtual reality technology to the display effectively, has important practical significance. Virtual reality technology has a huge application prospect in the field of education, which aims at cultivating operational and skilled compound talents (Huang et al., 2010). This paper focuses on how to optimize the application of virtual reality technology to medical education, to solve the current display problems and display contradictions. Using the related theory, based on image modeling of virtual reality technology, put forward the application form and prove the effectiveness of virtual reality display, provide necessary assistance and guidance to students in their studies, it is of great significance to cultivate talents that meet the needs of modern society.

2. Related Work

The application research of virtual reality technology in the field of education has also made certain achievements. Many colleges and universities in China have carried out research and exploration of virtual reality in education and display. At the same time, many journal papers expound the exploration and thinking of the application of virtual reality technology in the field of education from multiple angles. Combining virtual reality technology with display can innovate the form of display. Students have more sense of participation, which can improve the display effect. Virtual reality technology has become one of the technologies that cannot be underestimated in the application of education and display. Its deep integration with education and display will further promote the development of display reform. The application of virtual reality technology in the field of education will be a revolutionary progress, allowing students to enjoy the all-round educational experience brought by science and technology. In addition, in

recent years, major universities have established the "virtual reality technology" major or related majors. Combined with artificial intelligence technology, it has injected a new direction into the development of virtual reality technology. Virtual reality (VR) is also called artificial reality, that is using computer to generate a Virtual environment, and with the aid of input devices into the Virtual environment interaction operating independently, make users feel as if they are in a real scene (Kim & Lee, 2010). The development of network information technology has made virtual reality gradually enter into people's view, and the combination of networked display and virtual reality technology has emerged. The areas of research involved include the remote network education, virtual reality lab, virtual reality classroom, etc. (Le et al., 2015). Due to the virtual reality technology is developed in the United States, so that the current research in the United States still has a comparative advantage. About the development trend of virtual display platforms in the future, foreign researchers are confident. They believe that online virtual display will be developed in the direction of low cost and high efficiency, and the old education way will have to be developed in this direction (Merchant et al., 2014). China's network education started from around 1999, but in view of technology and funding, our country has not made great progress in the research of network education. But there are also some mature works in China, which will have a better development trend in the future. Beijing University of aeronautics and astronautics is one of the earliest units in the study of virtual reality technology, it has established the national key laboratory of VR virtual reality technology and system. TongJi university has established a virtual reality architecture curriculum laboratory, which uses advanced equipment, and to simulate the appearance of architectural structures (Mustacoglu et al., 2013). Realizing the integration and development of virtual, it has great significance.

3. Methodology

3.1. Virtual Reality Technology

Virtual reality technology is a kind of technology of the development of science and technology, it is the science of human and information with each other harmonious and unified, in this kind of technology, the core technology is the three-dimensional interactive computer system, generated environmental factors by the computer system. The environment here, which means a wide range, It can be a real world environment, it can be a virtual model of the imagination. The researchers can effectively use virtual reality technology to make some abstract complicated concepts, and translate them into concrete, meaningful symbols through certain rules. Virtual reality technology is based on a variety of disciplines of a comprehensive technology; it will be involved in information technology, artificial intelligence technology, automatic control technology, psychology, etc, in this kind of technology. The virtual reality technology is known as the "3 I" characteristics, respectively are (interaction), (immersion), (imagination), as shown in figure 1.

Immersion means that a three-dimensional virtual environment created by a computer can give users an immersive experience. Immersion is the most important technical feature of VR. The ultimate goal in pursuit is immersion, that is to say the user in the virtual environment which is created, should be fully into the environment, makes

every effort to let users fully immersed in the environment, and thinks ourselves as an indispensable part of virtual environment. Interactivity refers to the interactive ability of the user and the various objects in the virtual environment, and the interactivity is the key factor to coordinate and unify the machine. Imagination refers to the user in the virtual environment, they can completely immerse in the virtual environment, take the virtual environment as the basis, acquire new knowledge through the virtual environment, thus germinating new ideas.

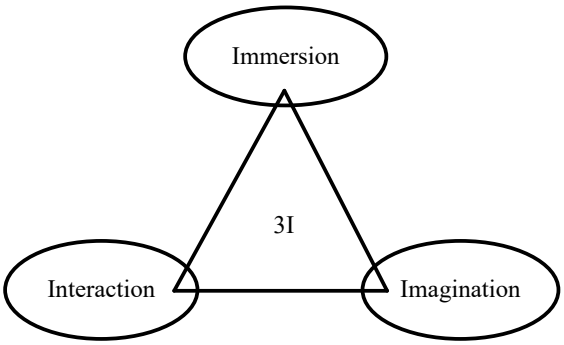


Figure 1 – The Basic Character of VR System

In general, Virtual reality technology is the interactive technology that the user experiences the virtual environment through multiple senses (see, listen, touch, etc.).

3.2. Vireality Technology Based on Image Modeling

Image-based modeling and rendering technology, as a new technology that uses real two-dimensional images as input to reproduce and render virtual scenes, has many advantages. First, its modeling speed is independent of the complexity of the roaming scene, but only depends on the resolution of the input image and the number of visual features it depends on. Therefore, the modeling speed is very fast. Secondly, image-based modeling and rendering technology represents the appearance, material, light intensity, etc. of objects from the objective perspective of the real world. So it is more realistic than traditional modeling and rendering methods. Third, the input image needed in the modeling process is simple to obtain, which is generally the real scene image taken by a common camera. The virtual reality technology based on image modeling refers to the acquisition of image sequences using discrete graphics or video, the image sequence is stitched together into a continuous panoramic image, and then through the panoramic image more suitable space model into a virtual panorama space (Huang H M, Rauch U, Liaw S S.2010)[9]. The general procedure of the generation of panoramic images is this: the original data is processed to generate panoramic images by using the discrete images obtained or continuous video firstly. Then organize many panoramic images into a virtual panorama space through the suitable space model. Then the user can move forward, backward, turn and so on at each node in this space; you can also perform 360-degree panoramic view, elevation view, overlooking, zoom browsing and other

operations on each node. Combined with the article, the basic flow of the cylindrical panorama is shown in figure 2.

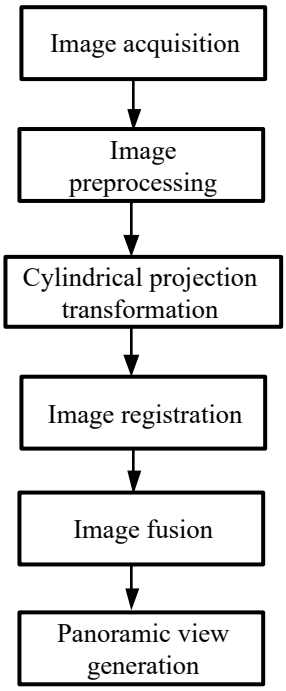


Figure 2 – The basic character of VR system

After pretreatment, it must not be used directly in the image splicing, before the splicing, it also need to do correlative processing. Because at the time of shooting images, there are differences in position and direction, so need to do special handling, these pretreatment images need to be uniformly projected onto a single cylinder, the ultimate goal is to let those in the real world of the same scene in different locations in the virtual world to present the the same image, so after processing, it can be panorama splicing. The whole process requires the solid image of the cylinder face projection algorithm as the technical support, and this algorithm is the technical basis of the panoramic image Mosaic, so it is very important in the whole process. This algorithm is derived below:

Suppose I is a real world image taken from a photographic instrument, I is a real image of digital camera, $P(x, y)$ is one of the real image pixels, in the film edge tool coordinates for the point at which $(x - W/2, y - H/2, -f)$, among them, W represents the width of the physical image I, H is the height of the object image I. In this process, we set the center of the cylinder to be the origin of the coordinate of the shooting instrument, at the same time, the length of the focal length *f* of the instrument is used as the radius of the whole

cylinder. According to the derivation, the projection point Q on the projection surface of the pixel point P, is the corresponding coordinate of P, The corresponding coordinate is $P\left(x^{'}, y^{'}\right)$.

The linear equation of the origin of the camera coordinate system and the pixel point P can be expressed as the form of parametric equation,

$$\begin{cases} u = t\left(x - w/2\right) \\ v = t\left(y - w/2\right) \\ w = t\left(-f\right) \end{cases} \tag{1}$$

T is the parameter, and the equation of the cylinder can be expressed as,

$$u^2 + v^2 = f^2 \tag{2}$$

Combining formula (1) and equation (2), therefore,

$$\begin{cases} t = \dfrac{f}{\sqrt{\left(x - w/2\right)^2 + f^2}} \\ u = \dfrac{f\left(x - w/2\right)}{\sqrt{\left(x - w/2\right)^2 + f^2}} \\ v = \dfrac{f\left(x - H/2\right)}{\sqrt{\left(x - w/2\right)^2 + f^2}} \\ w = \dfrac{f^2}{\sqrt{\left(x - w/2\right)^2 + f^2}} \end{cases} \tag{3}$$

Where (u, v, w) is the parameter coordinates of the projection point Q on the cylinder of the pixel (x, y). Using the following formula to convert the three-dimensional parameter coordinates into 2d image coordinates,

$$\begin{cases} x^{'} = f \cdot arc\tan\left(u/w\right) + f \cdot \theta \\ y^{'} = v + H/2 \end{cases} \tag{4}$$

$$\theta = hfov/2 = \arctan\left(w/2f\right) \tag{5}$$

Combining formula (3),(4),(5), therefore,

$$\begin{cases} x' = f \cdot arc\tan\left(\dfrac{x - w/2}{f}\right) + f \cdot arc\tan\left(\dfrac{w}{2f}\right) \\ y' = \dfrac{f\left(x - H/2\right)}{\sqrt{\left(x - w/2\right)^2 + f^2}} + H/2 \end{cases} \tag{6}$$

The projection formula of $P\left(x', y'\right)$ pixel on $P\left(x, y\right)$ on the cylinder is represented by the above formula, it can be seen from this formula, and the projection algorithm can change in the horizontal direction, but won't change in the vertical direction. Based on this property, we can get a panoramic image of the image according to the method of splicing.

3.3. Image Fusion Algorithm

Image fusion technology is an important technology of image processing, and it is the key of image Mosaic. The ultimate goal of image fusion is to integrate multiple images into a whole scene image according to the corresponding technology (Kim K S, Lee J S.2010). Throughout the integration process, have to determine the most appropriate integration strategy. In order to effectively use the overlapping area between the two images, to realize smooth transition effectively. At present, the commonly used image fusion method is average method, weighted average method, etc.

For the two images that to be spliced, the gray-scale values of the overlapped areas of the overlapping regions of the image are used to the average of the overlapped regions, suppose f represent the merged image, f_1 and f_2 represent the two images to be spliced.

$$f\left(x, y\right) = \begin{cases} f_1\left(x, y\right) & \left(x, y\right) \in f_1 \\ \left[f_1\left(x, y\right) + f_2\left(x, y\right)\right]/2 & \left(x, y\right) \in \left(f_1 \cap f_2\right) \\ f_2\left(x, y\right) & \left(x, y\right) \in f_2 \end{cases} \tag{7}$$

Take the algorithm of two image averages, the arithmetic is fast, and the algorithm is simple. The weighted average method is similar to the mean averaging method, but the pixel values of the overlapping regions are no longer simple superimposed, but first weighted and then superimposed on average. Set f to represent the merged image, f_1 and f_2 respectively represent the two images to be spliced.

$$f\left(x, y\right) = \begin{cases} f_1\left(x, y\right) & \left(x, y\right) \in f_1 \\ w_1\left(x, y\right) f_1\left(x, y\right) + w_2\left(x, y\right) f_2\left(x, y\right) & \left(x, y\right) \in \left(f_1 \cap f_2\right) \\ f_2\left(x, y\right) & \left(x, y\right) \in f_2 \end{cases} \tag{8}$$

Here, w_1 and w_2 are the weights of pixels in the first and second images. Selecting the right weights, it can smooth the overlapping area and eliminate the stitching.

There are two methods in the selection of weights: the first kind, hat function weighted average method. This method gives a higher weight to the pixel in the image center area, the weight of the pixel in the edge region of the image is lower, and the weight function adopts the hat function.

$$w_i(x,y)=\left(1-\left|\frac{x}{width_i}-\frac{1}{2}\right|\right)\left(1-\left|\frac{x}{heignt_i}-\frac{1}{2}\right|\right) \tag{9}$$

Among them, $width_i$ and $heignt_i$ represents the width and height of the i image.

The second one, it's the gradual approach. Gradually into the overlap pixels weights gradually out of the method and the pixel points to the overlap distance on the edge of the area, set f representative of the fused images, f_1 and f_2 respectively for joining together of two images, that is,

$$f(x,y)=\begin{cases} f_1(x,y) & (x,y)\in f_1 \\ d_1(x,y)f_1(x,y)+d_2(x,y)f_2(x,y) & (x,y)\in(f_1\cap f_2) \\ f_2(x,y) & (x,y)\in f_2 \end{cases} \tag{10}$$

d_1 and $d_2$represent weights in the formula, which is related to the width of the overlap region, generally take $d_1 = 1/width$, its width represents the width of the overlapping region. Among them, $d_1 + d_2 = 1$, and $d_1 + d_2 = 1$, $0 < d_2 < 1$, d_1 from 1 to 0 in the overlap region gradually, and d_2 is from 0 to 1 gradually, so that realize the smooth transition from d_1 tod_2.

4. Result Analysis and Discussion

4.1. Experimental Results and Analysis

The research subjects in this study were all students of the class one and two classes of the grade 2015 Chinese and western medicine. Class 1 as an experimental class, took classes in the modern education technology center in Ji ning medical institute, and used virtual reality courseware to assist in display. Class 2 is used as the control class, used the ordinary classroom display method in the multimedia classroom. The class display of the two classes involves the knowledge of Chinese medicine. Among them, class 1 has 38 students and 40 students in class 2. The students of these two classes underwent a "basic knowledge test of Chinese medicine" before the experiment, the test is divided into two parts and they are theory and practice. The theoretical test results were shown in table 1.

Class	Number of people	Average achievement	Standard deviation
Experimental class	38	70.11	7.643
Control class	40	70.38	7.547

Table 1 – Experimental class and control class theory test result statistics

From table 1, before the experiment, the experimental classes of grade point average grade point average of 0.27 points lower than that in comparative classes, and that in comparative classes of experimental classes of the standard deviation difference is only 0.096, This can be seen before using virtual reality courseware, there was no significant difference between the experimental class and the comparison class. The test results of practical ability are shown in table 2.

Class	Excellent (person)	Good (man)	Pass (person)	Fail (person)	Total number	Excellent rate	Pass rate
Experimental class	4	23	30	8	38	10.5%	78.9%
Control class	4	24	31	9	40	10%	77.5%

Table 2 – Comparison of students' skill identification test results

As can be seen from table 2, there is no significant difference between the optimal rate and the yield rate of the experimental class and the control class, so the practice ability of the two classes is roughly the same before using the virtual reality courseware display.

To sum up, the students of these two classes will use virtual reality courseware before display, which is basically the same, so the reliability of experimental results can be guaranteed.

After different lectures, the two classes which were roughly the same grade, showed significant differences in the tests of theoretical tests and practical abilities. After the experiment, the test results of the experimental class and the control class were shown in table 3.

Class	Number of people	Average achievement	Standard deviation
Experimental class	38	79.58	7.664
Control class	40	66.68	10.227

Table 3 – Results statistics of theoretical test in experimental and control classes after experiment

As can be seen from table 3, the theoretical scores of the experimental class are increased by an average of 9.47 points after the experiment, with a significant improvement. The standard deviation difference is 0.021, and we believe that the use of virtual reality courseware before and after, the theoretical results of the experimental class have significant difference. The average theoretical score was 3.7 points lower than the average theoretical score before the experiment, the standard deviation is 2.68, namely the control group after the time interval is the same as the experimental group, two theoretical performance difference is not significant. Experimental classes theory test the average score of 12.9 points higher than that in comparative classes theory test scores, and standard deviation is 2.563, thus it can be seen that the virtual reality technology applied in display of traditional Chinese medicine to stimulate interest in learning, It is helpful to improve learners' understanding and understanding of theoretical knowledge.

After the experiment, the experimental class and the control class practice ability test results are shown in table 4.

Class	Excellent (person)	Good (man)	Pass (person)	Fail (person)	Total number	Excellent rate	Pass rate
Experimental class	14	19	35	3	38	36.8%	92.1%
Control class	5	24	32	8	40	12.5%	80%

Table 4 – Comparison of students' skill identification test results after experiment

It can see from the table 4, after using virtual reality courseware for display, the excellence rate of the test class was 24.3% higher than the comparison class; the pass rate is 12.1% higher. the experimental class practice ability test of excellence rate and pass rate is much higher than that in comparative classes, so it can be concluded that the application of virtual reality technology in Chinese medicine display is beneficial to learners' practical ability.

After the test, the questionnaire survey was carried out, the results of the questionnaire survey were carried out, and the results of the experiment were analyzed and processed. There are 38 questionnaires were distributed in this practice, 38 questionnaires were collected, 38 valid questionnaires were collected, and the recovery rate and efficiency were 100%. Through the questionnaire survey, we learned that, there are 12 people who chose to know the virtual reality technology, and 19 chose to know some. Seventeen people chose to use it regularly, and 12 chose to use it occasionally. These data show that most learners understand virtual reality technology.

In terms of effect and advantage, there are 28 people who believe that this courseware is conducive to improving display effectiveness and display efficiency. There are 10 people believe that virtual reality technology is suitable for classroom display. There are 16 people who think that it is suitable for extracurricular display. There are 27 people who believe that virtual reality technology is superior to other display media, and 25 people have chosen the virtual reality technology for display.

It can be seen from above, most learners have a strong desire to apply virtual reality technology to medical display. Virtual practice training is an important part of medical virtual reality courseware, and operation is the most important part of virtual practice. Therefore, the practical operational of medical virtual reality courseware also fully reflects the role of medical students in the learning process, the medical virtual reality courseware besides the direct characteristics, there is also a significant advantage of three-dimensional interactivity. Medical virtual reality courseware simulation of real operation can allow medical students to practice repeatedly, accumulate practical skills and experience. At the same time, the medical virtual reality courseware also determines and gives feedback in real time according to the correct or incorrect operation of virtual objects in virtual scenes by medical students. Virtual reality technology, as a new display supplementary means, plays a significant role in improving display quality and effectiveness.

5. Conclusion

In this paper, virtual reality technology has been studied as an auxiliary display means or method. Especially in the demonstration practice, virtual reality technology is used as an auxiliary display method. It is a supplement to the practice in the real environment and a practical demonstration way of "combining reality with reality". The use of virtual reality technology to assist practice demonstration is conducive to ensuring the success and efficiency of practice in the real environment. It also increases the service life of the equipment in the training room and reduces the maintenance work. There are also relatively backward areas that are limited by resources and use virtual reality technology for practical demonstration. This is an improvement on the traditional display method, and can also satisfy curiosity and exploration psychology.

References

Chan, J. C. P., Leung, H., Tang, J. K. T., (2011). A Virtual Reality Dance Training System Using Motion Capture Technology. *IEEE Transactions on Learning Technologies,* 4(2), 187-195.

Chou, C., Hsu, H., Yao, Y., (2015). Construction of a virtual reality learning environment for display structural analysis. *Computer Applications in Engineering Education*, 5(4), 223-230.

Davis, A. (2015). Virtual Reality Simulation: An Innovative Display Tool for Dietetics Experiential Education. *Applied Spectroscopy*, 60(4), 373.

Huang, H. M., Rauch, U., Liaw, S. S., (2010). Investigating learners' attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach. *Computers & Education,* 55(3), 1171-1182.

Kim, K. S., Lee, J. S. (2010). Image fusion in dual energy computed tomography for detection of hypervascular liver hepatocellular carcinoma: phantom and preliminary studies. *Investigative Radiology,* 45(3), 149.

Le, Q. T., Pedro, A., Chan, S. P. (2015). A Social Virtual Reality Based Construction Safety Education System for Experiential Learning. *Journal of Intelligent & Robotic Systems,* 79(3-4), 487-506.

Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70(1), 29-40.

Mustacoglu, A. F., Fox, G. C. (2013). A novel digital information service for federating distributed digital entities. *Information Systems*, 2013, 55(C), 20-36.

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

Recebido/Submission: 14/07/2022
Aceitação/Acceptance: 25/11/2022

Study on Learner Comprehensive Evaluation Model Driven by Multi-Source Process Data

Hui Hong[1], Chantana Viriyavejakul[2]

jvys014856@163.com; gkxv3612@163.com

[1] King Mongkut's Institute of Technology, Ladkrabang (KMITL), 10520, Thailand

[2] Nantong Normal College, Nantong, Jiangsu, 226010, China

Pages: 414-427

Abstract: It is of great significance to develop an effective multimedia network education platform. This paper aims to build an analysis and evaluation model of online learning behavior based on formative evaluation. The system is divided into three modules: behavior acquisition, behavior statistical analysis and learning analysis. The study of online learning behavior is a part of online education research. It is an important basis for designing adaptive network learning platform and learning resources. By learning the characteristics of the analyst process, such as time management, interference control, attention retention and content processing strategies. The research shows that based on the analysis of common quantitative parameters of online learning behavior, the effectiveness of the model in supporting students' reading evaluation and reflection has been verified. People have a clearer and deeper understanding of online learning behavior. This study is an effective evaluation of the development of effective educational resources, the organization of teaching and teaching courses, and the effective evaluation of learning resources and learners.

Keywords: Learning Analysis; Network Learning; Evaluation Model; Multi-Source Process Data Drive

1. Introduction

In the evaluation criteria of online learning, many indicators often have a certain degree of fuzziness. The evaluation system based on fuzzy theory is used to evaluate students' learning results and further develop scientific and reasonable learning plans. It can promote the rapid development of online online training and improve the training quality of trainees (Armatas & Papadopoulos, 2013). Researchers are increasingly concerned

about the impact of network technology and its application on online learners. For example, use mathematics to describe the teaching phenomenon or use mathematics as a tool, or use numbers to express the results of the evaluation model (Barak, 2013). Quantitative evaluation refers to the evaluation without using mathematical methods, such as scoring method, evaluation method, writing review, etc. (Blascoarcas et al., 2013). In 2013, it was proposed to integrate ESP courseware into task-based learning (Buckner and Kim, 2014). After that, relevant scholars studied the multi-attribute prior knowledge model based on fuzziness (Callum and Jeffrey, 2014). Since 2014, when formulating and implementing teaching plans, it has been proposed to combine problem-based learning with community-based participatory learning (Chang, 2013).

Compared with the traditional face-to-face education, online education transcends the limitations of time and space. It has a variety of learning forms, a variety of roles of teachers and students, a variety of learning situations and the way of using online learning anytime and anywhere. It has greatly promoted the continuing education of the incumbents and provided a strong guarantee for the popularization of lifelong education (Chaoui & Laskri, 2013).

When selecting the learning evaluation model scheme, most schools follow a set of traditional education evaluation system, which is mainly manifested in written or online examinations and evaluation content (Chung et al., 2016). Formulate online education standards, discuss online education theories and systems, develop various online education management platforms and a large number of educational resources, establish a number of online colleges and develop academic education. Online learning is also increasingly popular (De et al., 2014). Therefore, establishing a reliable student model is the key to evaluate students' learning (DE et al., 2016). Because the purpose of online learners is to "improve their own abilities", under the guidance of this purpose, learning evaluation has also changed from "judging the quality of students" to "promoting the development of students" (Dörrenbächer et al., 2016). At the same time, the characteristics of online learning suitable for any person, any time and any place are also attracting more and more attention. People want to use online learning for independent training. In order to be able to recharge in a timely manner within the scope of their own control, so as to cope with the huge human resources competition brought about by the rapid development of society (Hou et al., 2014). Online learning emphasizes that learning content and learning activities are conducted on the basis of Ding network, while electronic or digital learning emphasizes that learning resources are recorded and enabled in digital way (Kao et al., 2014). In this sense, the expansion of digital learning is greater than that of online learning (Krell et al., 2015). It has greatly deepened our understanding of the laws of education and teaching, and enriched our understanding of the learning process and students' learning characteristics (Kuo et al., 2014).

Online learning evaluation is different from traditional classroom learning analysis. The characteristics of network learners, the real-time and interactive nature of the network, the storage of information and the characteristics of network learning all put forward new requirements for the evaluation of network learning (Lee et al., 2014). Continuous support and quality assurance are provided to learners in the process of dynamic implementation. Through the evaluation, we can not only understand the students' background and problems in the learning process, but also screen the students by evaluating their

achievements in learning (Leite et al., 2015). The digitalization of learning resources and the virtualization of interactive space, the lack of adaptability of learning resources and platforms and the ability of personalized interception, and so on, and the change of learners' learning behavior patterns is also one of the re-playing aspects (Lin and Huang et al., 2013). The so-called behavioral intention refers to the measure of people's plans to engage in a certain behavior. The attitude refers to the positive or negative emotions that people exert on the implementation of a certain behavior. Subjective criteria refer to the individual's perceived social pressure on whether or not to implement a particular behavior (Mason et al., 2014). Mainly for the mastery of knowledge, the evaluation of learning is mainly the responsibility of teachers, often using test scores as the sole criterion for measuring the level of learning. The combination of factors constitutes the intention of behavior, and ultimately leads to the occurrence of behavior through the analysis of behavioral data in the process of collaborative knowledge creation and translation. It reveals the characteristics of user behavior and knowledge construction in the process of collaborative learning, and provides a basis for teachers to carry out personalized teaching intervention and guidance (Osman, 2015). On this basis, the concept, composition and structure of online learning analysis behavior, compared with the learning behavior in the traditional learning environment, the new characteristics of online learning behavior, and the factors affecting the network learning analysis. This paper proposes and establishes an index system for online learning evaluation model based on online learning behavior analysis. In addition, relevant scholars have also conducted extensive discussions on learning analysis service frameworks, application models and tool comparisons (Shelton et al., 2015).

2. Related Work

In the traditional education evaluation system, learner evaluation is mostly a combination of formative evaluation and summative evaluation, which has the problems of single evaluation content and single evaluation method. With the increasingly rich learner process data that can be collected, the traditional education evaluation is changing to the big data-driven scientific evaluation. The interactive data, behavioral data and text data generated by learners in the process of learning contain information such as learners' learning styles and learning patterns. It is these real-time and reliable data information that provide new ideas and paths for the implementation of learner evaluation. Based on the comprehensive evaluation of process data, it models the learners' cognitive state, learners' emotions, learners' learning state and learners' learning preferences, aiming at comprehensively and objectively evaluating learners using learners' multiple information. In the existing research, researchers use academic analysis, behavioral analysis and predictive analysis methods, combined with data model interpretation and mining process data, explore the learning process of learners, discover the learning rules of learners, establish a diversified learning evaluation system, and evaluate and analyze the learning process of learners. Provide corresponding feedback for learners. Comprehensive evaluation reference model of online learners based on emotion, cognitive strategy and engagement.

Hu Yiling and others built a learning tracking evaluation analysis model based on electronic textbooks to realize the diagnosis of learners' learning effects. However, the

current learning environment of learners is diverse, so based on the current mixed learning environment, such as Mu Zhijia, etc. The whole learning process data is used for formative evaluation of learners, and the dynamic monitoring of learning process is realized. Data-driven learner evaluation can scientifically understand the evaluation object (Sun et al., 2015). And a new understanding of education and teaching methods will help to promote the integration of teaching content and evaluation. It lays a foundation for the online platform to provide knowledge services to learners and promote their personalized development. However, with the development of information platforms, learners' process data shows a trend of scale and diversification. It poses new challenges to the selection of data sources and the extraction of indicators in learner evaluation. Wang Xuecen and others abstracted the interaction between learners and resources into a graph structure using the representation learning method. RNN model is used to realize dynamic update of interaction status, and learners' learning effect is evaluated by learners' interaction quality.

3. Materials and Methods

Although the evaluation methods of different evaluation objects are quite different, they all go through four stages of evaluation: preparation, implementation, treatment and feedback. Online learning evaluation is an assistant category of teaching, and its evaluation should go through the four stages mentioned above. For different evaluation problems, different evaluation systems should be established according to different evaluation purposes. Traditional learning evaluation is generally summative evaluation, that is, the traditional sense of the final test, does not take "the development of students" as the fundamental starting point. In addition, the learner's learning process is relatively long-term. To analyze their learning style and learning preferences, it is also necessary to collect more data for analysis. Because the learner conducts learning behaviors for each class, the amount of data is quite large. To explore the learning style and learning preferences of online learners, it is also necessary to analyze and process the learning behavior classification of online learners. Analyze the connotation of online learning behavior, establish a classification model of online learning behavior, analyze various factors affecting online learning behavior, and establish a conceptual model of online learning behavior. The parameters of the learning analysis model are shown in Table 1 and Figure 1. The partial correlation analysis of cognitive ability factors is shown in Table 2 and Figure 2.

	Variable	Parameter
Business domain knowledge	10.29	6.14
Knowledge Selective Learning	9.31	7.21

Table 1 – Learning Analysis Model Parameters

	Analysis factors	Correlation coefficient
Cognitive ability	12.8	17.2

Table 2 – Partial Correlation Analysis of Cognitive Ability Factors

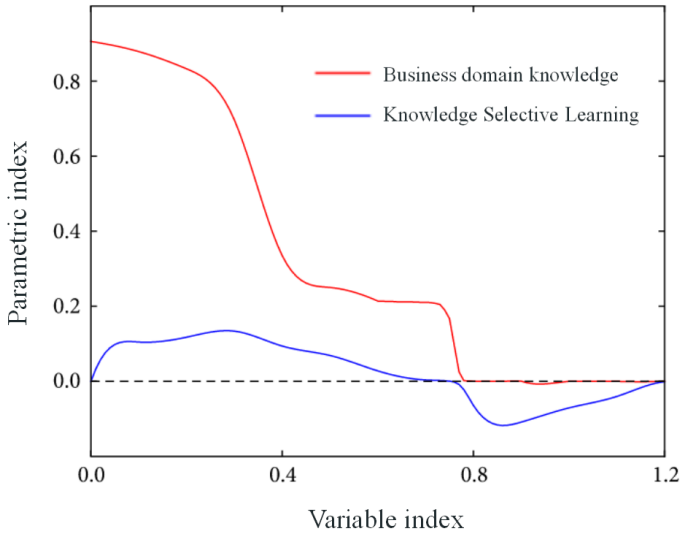


Figure 1 – Learning Analysis Model Parameters

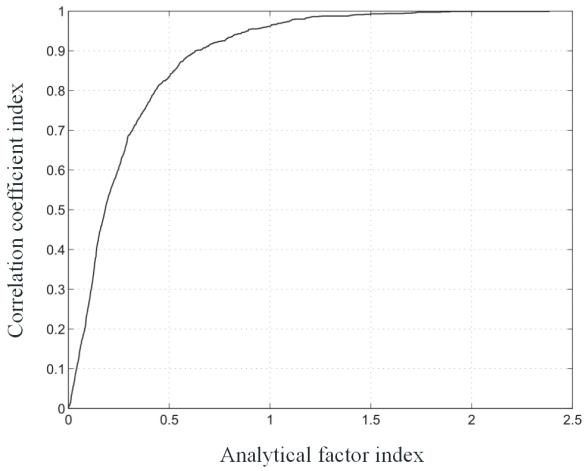


Figure 2 – Partial Correlation Analysis of Cognitive Ability Factors

Web-based learning is learner-centered, emphasizing individualized and diversified self-development (Tsai, 2013). Correspondingly, the evaluation concept tends to be "meaning construction" theory, and attaches importance to the subjectivity of students in evaluation. Attention should be paid to the supportive role of evaluation in the development of e-learning. Considering the influence of environment on behavior, we should also pay attention to learners' internal psychological characteristics and construct

deep psychological structure. Online learning is not conducted in isolation, but on the basis of two-way interaction between learners and the environment. The construction of the environment is important for shaping the learning behavior. However, human psychology is the driving force behind behavior. The ultimate goal of the emergence and development of online education is to establish an open lifelong learning system. It allows network learners to independently determine learning objectives, select learning methods, monitor learning processes, and evaluate learning outcomes to achieve autonomy in network learning behavior control. Therefore, the network is a personalized learning space, which includes the learning subject with distinct personality characteristics, the unique learning works created by the learning subject, and the evaluators with different evaluation views and evaluation perspectives. Created a learning and evaluation environment full of autonomy and uniqueness. The learner's independent learning behavior statistics are shown in Table 3 and Figure 3.

	Features	**Frequency**
Collaborative learning	15%	11%
Online questions	18%	13%
Exchange and interaction	11%	14%
Answering questions online	13%	12%

Table 3 – Statistics of Learners' Independent Learning Behavior

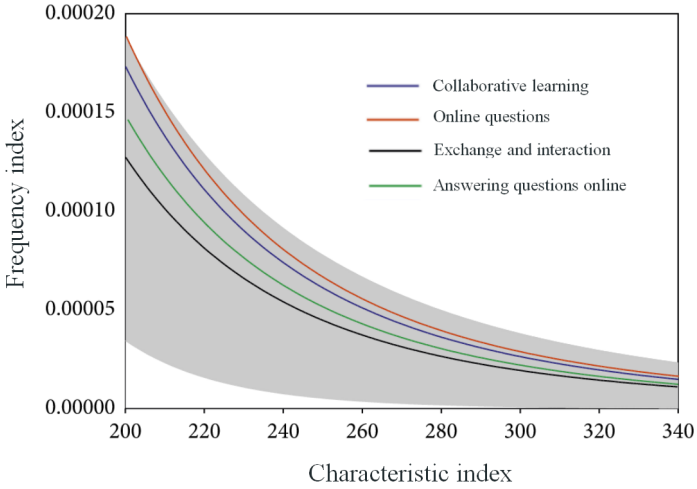


Figure 3 – Statistics of Learners 'Independent Learning Behavior

Network learning analysis takes place in an open and virtual environment. It provides a virtual activity background for distance education learners through video, audio, learning website and other technical means. Compared with real situations, learners' sense of physical distance, physical distance and psychological distance are quite different in

virtual situations. Association rules can be used to discover the relationship between learners' learning behavior. By analyzing the value relationship between two types of online learning behavior, we can get the relationship between them. Then predict the learner's next behavior. The determination of weight coefficient is an important link. Under the premise that the indicators of each evaluation model have been clarified, the change of the weight will inevitably lead to the change of the evaluation conclusion. Therefore, the rationality and accuracy of the weight coefficient directly determine the credibility and reliability of the evaluation model results. In the association rule discovery section, it is possible to find out the links between the various attributes, so as to guide the students in the future learning, and also provide the basis for the teacher's next teaching. These rules can also provide the necessary level of learning for DM-based evaluation model data analysis and feedback and DM-based indicator system revision work. The learning behavior levels are shown in Table 4 and Figure 4.

	Parameter	**Strength**
Collaborative Behavior Layer	5.61	6.71
Operational Behavior Layer	5.30	6.28

Table 4 – Levels of Learning Behavior

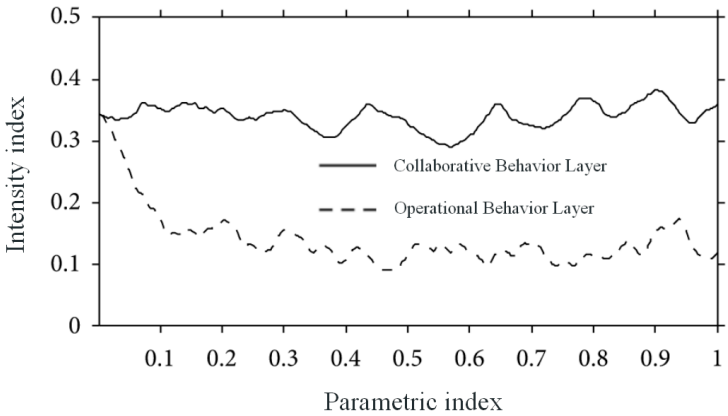


Figure 4 – Levels of Learning Behavior

4. Result Analysis and Discussion

Based on the analysis of personalized learning platform and tracking system for students learning English, teachers can use the system to provide personalized teaching platform in the actual classroom, so as to achieve the link between online learning and classroom learning. Teaching patterns can facilitate students, so students can learn wherever possible. On the basis of investigation and research, a summary test was carried out through subsequent English vocabulary learning. In the course of learning English, college students should prepare vocabulary learning plans for the further study.

The system is a memory engine for college students' brains. Monitoring engines can remember each student's brain state, achieve information sharing, and ensure learning contents. Human brains can't reach permanent memory and rapid memory. Based on the learning tracking analysis, the English learning system has four main business processes: English vocabulary learning, English synchronous learning, college preparatory learning and teacher management. In the design and implementation phase of an English learning system, the following items should be done: firstly, the system should carry out the practice, test and feedback of the learning contents of the exercise unit, and develop reasonable learning plans for students; then, the system should combine English learning with training; in addition, the optimization of learning path in the system is necessary; it also requires individualized and motivational English learning methods, including listening comprehension, cloze tests, and writing tests. The development of learning evaluation has gone through the era of measurement, description and value judgment, and gradually developed into the era of meaning construction. The essence, function and orientation of evaluation are constantly changing (Yu, 2013). We generalize the function of online learning behavior into information operation, also known as information behavior. The second dimension in the classification model of online learning behavior is the functional dimension, which is to classify online learning behavior according to information operation. The network learning behavior influences the expression of the network element concept group, the network learning behavior analysis function and the meaning concept group. Therefore, the conceptual model we constructed covers the main axis of psychological Guanting behavior research. Establish behavioral feature database, learning style database and resource feature database. Based on the statistical analysis and data mining of the behavior database, the students' personalized behavior characteristics and different learning styles. And various types of media resources are stored in the behavior feature library, the learning style library, and the resource feature library, respectively. The collection of learning behavior characteristic parameters is an important part of the evaluation process. Whether the data collection is comprehensive and effective affects the determination of the evaluation system scheme and the construction of the indicators to a large extent, thus affecting the quality of the assessment. Evaluation model unit element evaluation description is shown in Table 5 and Figure 5.

	Interactive	**Quote**
Behavior unit	18%	31%
Behavior object	23%	41%

Table 5 – Unit Element Evaluation Description of Evaluation Model

For a single judgment matrix, the standardization steps for consistency testing are as follows:

$$s_{t+\Delta t}(y) = \frac{p_{t+\Delta t}}{P_{t+\Delta t}} = \frac{p_t + \Delta tp_t(y)}{p_t\left(1+\Delta tu_t(y)\right) + p_t\left(1+\Delta tu_t(y')\right)} \tag{1}$$

Calculating the Mean Random Consistency Index:

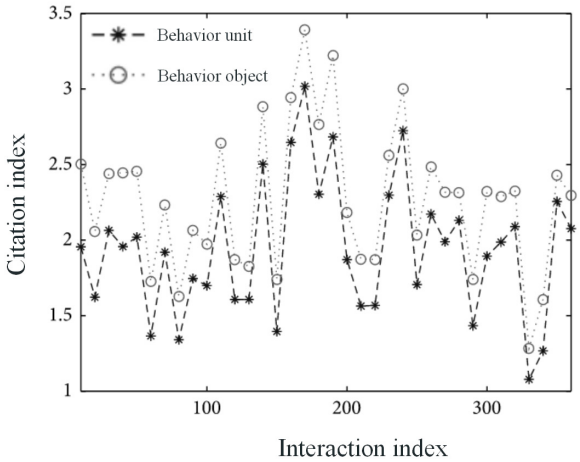


Figure 5 – Unit Element Evaluation Description of Evaluation Model

$$s_{t+\Delta t}(y)=\frac{p_{t+\Delta t}}{P_{t+\Delta t}}=\frac{s_t(y)\left(1+\Delta tu_t(y)\right)}{s_t(y)\left(1+\Delta tu_t(y)\right)+s_t(y')\left(1+\Delta tu_t(y')\right)} \tag{2}$$

The global consistency test of the judgment matrix group can be calculated according to the following formulas:

$$s_{t+\Delta t}(y)-s_t(y)=s_t(y)\frac{\Delta tu_t(y)-\Delta t\overline{u}_t^p}{1+\Delta tu_t} \tag{3}$$

Estimation Matrix Element Deviation Calculations Defining the Composition of All Estimated Elements, e.g. Formulas:

$$S=2L+W=\frac{c}{2f\sqrt{\varepsilon_{eu}}} \tag{4}$$

Deviation Formula Composed of Comparing Error Elements:

$$ES_i=\sum_j(1-\sum_q p_{iq}m_{jq}),q\neq i,j \tag{5}$$

The correlation between the two factors is analyzed, and the simple correlation coefficient is often used to express the calculation formula of the correlation coefficient:

$$AE_i=ES_i/S_i=\sum_j(1-\sum_q p_{iq}m_{jq})/\sum_j \tag{6}$$

$$CI_i = \frac{\sum_j (\frac{C_{ij}}{C/N} \ \ln(\frac{C_{ij}}{C/N})}{N\ln(\mathrm{N})} \tag{7}$$

General formulas of order partial correlation coefficients, such as formulas:

$$P_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^{N} f_i} \tag{8}$$

According to the line normalization, the weight value of each cognitive factor can be obtained:

$$f'_{\max} = C_{mult} \cdot f_{avg} \tag{9}$$

Divide the factor domain into two subsets:

$$D(p) = \frac{D(p)}{\min(P_A, P_B)} \tag{10}$$

$$R_A(p) = \frac{min(A_A, A_B)}{max(A_A, A_B)} \tag{11}$$

Finally, the weight vector of cognitive ability factors:

$$Cost(P_i) = \sum_{e \in P_i} C(e) \tag{12}$$

The whole evaluation model includes four modules: teaching area, interactive area, evaluation area and entertainment area. The main function realization of the evaluation model is completed in the evaluation area. Other areas play a supporting role, especially the interactive area and the teaching area, which provide some support for the function realization of the model. However, online learning evaluation has the characteristics of process evaluation and dynamic evaluation. We should make full use of the characteristics of the network and give timely feedback. Therefore, learning evaluation information in network teaching should mainly come from students' network learning activities. Investigating the relationship between the online learner's collection page, saving information, organizing information, and doing exercises, in addition to learning the learner's learning behavior, and mining the learner's learning style. Among the specific weighting problems, the weight values quantified by a certain construction method are relatively reasonable. In addition, the comprehensive evaluation results obtained by different weights may be different. Therefore, in the practice of comprehensive evaluation, it is necessary to select relatively scientific and reasonable weights according to actual conditions according to local conditions. For the former, the amount of data

collected must be large, in order to ensure the validity and rationality of the discovered rules. This part of the data is processed, converted and other operations. Eventually it flows to the training sample set database. The student's comprehensive evaluation score distribution and normal curve fitting diagram are shown in Figure 6.

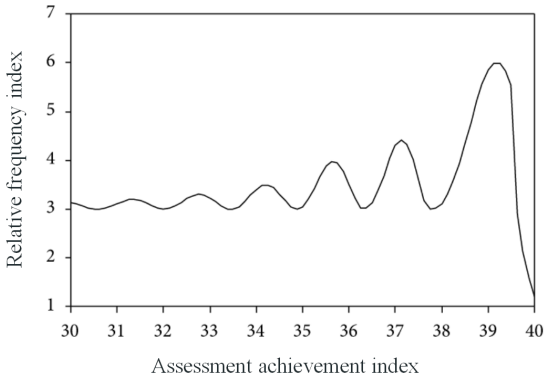


Figure 6 – The Distribution of Students' Comprehensive Evaluation Achievements and the Fitting Chart of Normal Curve

The description of network learning behavior is divided into element description and type description. The subject, object, environment, means, results, process and intensity of each network learning behavior are parameterized and formalized. The element description model is obtained, and the element description is the implementation result of the element description model. In the evaluation design, more and more researchers are integrating computer evaluation technology into the learning process to support

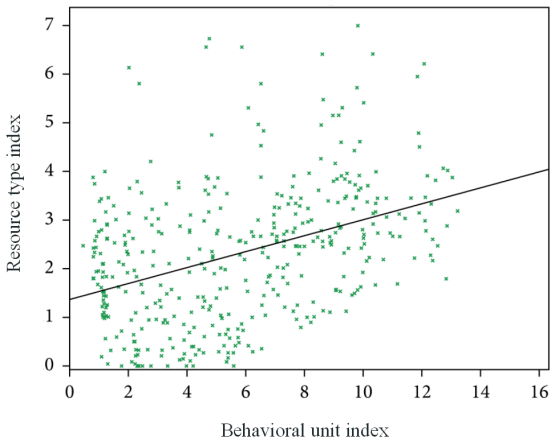


Figure 7 – Correspondence between Real-time Behavior Unit Types and Resource Types

learners' learning. It should be emphasized that different evaluation conclusions given by different evaluation subjects can be presented to learners at the same time. In this way, learners can compare and study self - evaluation, peer evaluation and teacher evaluation, summarize experiences and lessons from them, and constantly improve and perfect the situation. We put the evaluation content in different webpage files, which means that each hyperlink only links one webpage, and separates the calculations to improve the response speed and reduce the response time. Each evaluation content performs two separate tasks. Among them, the network learning behavior characteristic database mainly stores the statistical characteristics of various network learning behaviors. If the behavior is the most frequently used, online browsing and offline browsing after saving are more popular. The data in the behavioral characteristics database provides the basis for the selection of effective learning behavior. The correspondence between the type of real-time behavior unit and the resource type is shown in Figure 7.

5. Conclusions

The main topic of this paper is the study and application of student learning evaluation based on Evaluation model, which combines theory with application. Based on the analysis of online learning behavior, formative assessment of learners' learning is made, and the evaluation results are timely feedback to teachers and learners. This paper presents the learners' learning outcomes at a certain stage, mainly from two aspects: cognitive learning model and cognitive learner model. The research results are applied to the construction of CCB simulation training system. Association rule mining in network learning evaluation. The Apriori algorithm using association rules analyzes the intrinsic relationship between the various attributes of students, and provides guarantee for teachers' effective teaching in the future. It is also the starting point for formal expression and quantitative research. Based on the classification of learning behaviors, the online learning behaviors are further classified and a three-dimensional model of online learning behaviors is proposed. It lays a key foundation for the establishment of the network learning behavior information model. Finally, deepen the connection between learning and analysis of applied practice and basic theoretical research such as educational psychology. Learning analysis should not stop at the simple reflection level of learning performance, but should be able to explain the essential characteristics and laws of learning.

Acknowledgements

The study was supported by the Research on the Implementation path and Guaranteeing Measures of Vocational English Curriculum Ideology and Politics (TSGZ2022J07).

References

Armatas, C., Papadopoulos, T., (2013), Approaches to work-integrated learning and engaging industry in vocational ICT courses: Evaluation of an Australian pilot program. *International Journal of Training Research*, 11(1), 56-68.

Barak, M. (2013) Integrating Model-Based Learning and Animations for Enhancing Students' Understanding of Proteins Structure and Function. *Research in Science Education*, 43(2), 619-636.

Blascoarcas, L., Buil, I., Blanca, H. O., (2013). Using clickers in class. The role of interactivity, active collaborative learning and engagement in learning performance. *Computers & Education,* 62(3), 102-110.

Buckner, E., Kim, P. (2014). Integrating technology and pedagogy for inquiry-based learning: The Stanford Mobile Inquiry-based Learning Environment (SMILE). *Prospects*, 44(1), 99-118.

Callum, K. M., Jeffrey, L. (2014). Factors Impacting Teachers' Adoption of Mobile Learning. *Journal of Information Technology Education Research,* 13(13), 141-162.

Chang, Y. S. (2013). Student technological creativity using online problem-solving activities. *International Journal of Technology and Design Education,* 23(3), 803-816.

Chaoui, M., Laskri, M. T., (2013) Proposition and Organization of an Adaptive Learning Domain based on Fusion from the Web. *Journal of Educational Technology & Society,* 16(1), 118-132.

Chung, P., Yeh, R. C., Chen, Y. C., (2016). Influence of problem-based learning strategy on enhancing student's industrial oriented competences learned: an action research on learning weblog analysis. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(2), 285-307.

De, B. H., Donker, A. S., Van, d. W. M. P. C. (2014) Effects of the Attributes of Educational Interventions on Students\" Academic Performance: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research,* 84(4), 509-545.

DE, Oner., (2016). Are Integrated Portfolio Systems the Answer? An Evaluation of a Web-Based Portfolio System to Improve Preservice Teachers' Reflective Thinking Skills. *Journal of Computing in Higher Education,* 28(2), 236-260.

Dörrenbächer, L. P., Franziska. (2016) Volition Completes the Puzzle: Development and Evaluation of an Integrative Trait Model of Self-Regulated Learning. *Frontline Learning Research*, 3(4), 14-36.

Hou, S., (2014). Integrating Problem-based Learning with Community-engaged Learning in Teaching Program Development and Implementation. *Universal Journal of Educational Research*, 2(1), 1-9.

Kao, C. P., (2014). Development of a Survey to Measure Self-Efficacy and Attitudes toward Web-Based Professional Development among Elementary School Teachers. *Journal of Educational Technology & Society,* 17(4), 302-315.

Krell, M., Reinisch, B., Krüger, D. (2015). Analyzing Students' Understanding of Models and Modeling Referring to the Disciplines Biology, Chemistry, and Physics. *Research in Science Education*, 45(3), 367-393.

Kuo, Y. C., Walker, A., Belland, B., (2014). A case study of integrating Interwise: Interaction, internet self-efficacy, and satisfaction in synchronous online learning environments. *International Review of Research in Open & Distance Learning,* 15(1), 161-181.

Lee, S., Kim, H. B., (2014). Exploring Secondary Students' Epistemological Features Depending on the Evaluation Levels of the Group Model on Blood Circulation. *Science & Education,* 23(5), 1075-1099.

Leite, L., Dourado, L., Morgado, S., (2015). "Sustainability On Earth" WebQuests: Do They Qualify as Problem-Based Learning Activities? *Research in Science Education,* 45(1), 149-170.

Lin, Y. C., Huang, Y. M. (2013). A Fuzzy-Based Prior Knowledge Diagnostic Model with Multiple Attribute Evaluation. *Journal of Educational Technology & Society,* 16(2), 119-136.

Mason, L., Pluchino, P., Ariasi, N. (2014). Reading information about a scientific phenomenon on webpages varying for reliability: an eye-movement analysis. *Educational Technology Research and Development,* 62(6), 663-685.

Osman, K., (2015). Evaluation of Webquest in Biology: Teachers' Perception. *Turkish Online Journal of Distance Education,* 15(1), 75-88.

Shelton, D. P., Rodie, S. N., Feehan, K. A., (2015). Integrating Extension, Teaching, and Research for Stormwater Management Education. *Journal of Contemporary Water Research & Education,* 156(1), 68-77.

Sun, J., Chang, K. Y., Chen, Y. H., (2015). GPS sensor-based mobile learning for English: an exploratory study on self-efficacy, self-regulation and student achievement. *Research & Practice in Technology Enhanced Learning,* 10(1), 1-18.

Tsai, S. C., (2013). Integrating English for specific purposes courseware into task-based learning in a context of preparing for international trade fairs. *Australasian Journal of Educational Technology*, 29(1), 111-127.

Yu, W. C. W., (2013). Nursing Professionals' Evaluation in Integrating the Computers in English for Nursing Purposes (ENP) Instruction and Learning. *Turkish Online Journal of Educational Technology,* 12(4), 124-139.

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

Recebido/Submission: 16/07/2022
Aceitação/Acceptance: 22/11/2022

Study on Financial Risk Early Warning Model of Listed Companies Based on BP Neural Network

Yuan Jingxue[1,*], Teoh Aiping[1]

krisyuan@gzgs.edu.cn; apteoh@usm.my

[1] Graduate School of Business, Universiti Sains Malaysia, Penang, Malaysia

Pages: 428-441

Abstract: With the continuous development and transformation of the network economy, financial risk control has become the key content to ensure the survival and development of enterprises. Therefore, this paper studies the enterprise financial risk control under the network environment. This paper first introduces the relevant theories of financial risk evaluation and evaluation methods, and then analyzes the main financial risks faced by Internet enterprises in combination with the institutional background and development status of China's Internet industry. Then classify and specifically analyze the indicators that affect the financial risk evaluation of Internet companies, and build the indicator system for the financial risk evaluation of Internet listed companies. Then, according to the characteristics of enterprise financial risk in the network environment, the idea of risk measurement, the establishment of financial risk evaluation system, the weight analysis of measurement indicators and the construction of measurement model are proposed. BP neural network is used for training and simulation, and the financial risk evaluation model of Internet listed enterprises is established, and the robustness of the model is tested by grouping and classifying the sample enterprises. Finally, this paper also uses the financial risk predicted by the data of listed companies on the Internet to analyze the prediction effect of the financial risk evaluation based on the BP neural network model

Keywords: Network Environment; Enterprise Financial Risk; Control Measures

1. Introduction

At present, Chinese enterprises are in a critical period of deepening the reform of the internal market economic system and accelerating the integration of the external global economy. Many contradictions in the economic development have emerged in the micro individuals of enterprises, especially the increasing financial risks faced by enterprises. In this fierce competitive environment, how to assist enterprises to effectively avoid

and disperse financial risks as soon as possible has become a hot topic of theoretical research. As an important part of enterprise risk management, the financial crisis early warning system has also increasingly attracted the attention of the practitioners. Based on some of our previous research results, this paper uses BP neural network tools in nonlinear parameter estimation to build a financial crisis early warning model for listed companies. It aims to innovate the empirical research methods of the financial crisis early warning system, expand the applicability of the model and improve the accuracy of the model prediction.

With the advance of Internet technology, Internet has gained unprecedented popularity. As a result, the enterprise management model has undergone qualitative change from the traditional economic model to the e-commerce model (Boloş & Sabău, 2017). As an important part of e-commerce, network finance has promoted the process of enterprise's overall information management. At the same time, the promotion of this concept marks the arrival of a new era of financial management (Cetorelli & Peristiani, 2015). The enterprise management model of e-commerce breaks through the traditional geographical and time constraints of enterprise management, thus redefining the new law of enterprise survival and development in the new economic era (Chen, 2015). As the core sector of an enterprise, enterprise financial management is an important cornerstone for the steady development of enterprises.

In a new wave of economic globalization triggered by Internet technology, enterprises are faced with a more complicated environment than ever before (Daniel & Meriem, 2016). Therefore, there are many uncertainties in enterprise's economic, financial management and other activities. The financial activities of enterprises will directly bring uncertainty to the enterprises, which can create huge income for enterprises, or may cause enterprises to suffer huge economic losses. Thus, the use of information technology to improve the level of financial management is the inevitable requirement of enterprise development under the network environment (Ashraf et al., 2019). At the same time, it is also an important prerequisite for enterprises to avoid financial risks and achieve economic income under the network environment.

2. State of the Art

The theoretical analysis of the growth cycle of enterprises shows that enterprises are moving from the growth period to the transition period, at this important stage. The financial risk control of enterprises is very important. Controlling the financial risk of Internet enterprises can improve the profitability of enterprises and promote the sustainable and healthy development of enterprises.

Through the establishment of enterprise financial management system, the realization of enterprise financial risk control and early warning has become one of the important issues at home and abroad (Hou, 2015). The earliest research on the formation of relevant theories in foreign countries was the study of single variable bankruptcy prediction, which was founded by Fitzpatrick in the 1930s (Hübner et al., 2015). In the study, nineteen firms were seen as samples at that time, and through a single financial ratio, the samples were divided into two groups, the bankruptcy group and the non-bankruptcy group. Through a large number of data comparison, Fitzpatrick found that the ratio of

the profit to the stockholders, and the ratio of stockholders' interests to liabilities can best reflect the financial performance of the enterprise. Following the Fitzpatrick study, William and Edward respectively published their own research (Liu & Bao, 2015). In the 1970s, Japanese scholars established the enterprise risk and operation index system by using the analysis mechanism similar to the Arman model.

Domestic scholars, such as Wu Shinong and Huang Shizhong, introduced the bankruptcy data model and prediction model of enterprises, and had some influence on international academic research (Nirei et al., 2016). Subsequently, in the 1990s, Zhou Shouhua also issued an F score for enterprise financial bankruptcy prediction model. In the accounting data database, nearly more than 4000 enterprises in the last 6 years were used as data samples. The model was modified and other data was adjusted by Z scores, and the results were obtained (Stajic, 2015). Then, for more than 20 years, a great deal of research on financial management risk of evading enterprise in Internet economy has emerged in China, and has produced a great influence in international academic circles (Allam et al., 2020).

3. Methodology

3.1. The Index System of Financial Risk Under the Network Environment

Pre warning of the financial management risk of enterprises can help enterprises manage and plan the operation of enterprises in a timely manner, and help enterprises realize the potential risk prevention in the real sense. Compared with the traditional way of enterprise financial management and control, it can greatly improve the work efficiency, and alert and guard against financial risks (You et al., 2015).

The incubation period of the financial risk of enterprises is based on a large amount of data analysis, as shown in the following figure. There are two main parts of enterprise management: internal environment and external environment. Through the analysis of the risk of the internal and external environment, the early warning of the risk period will be realized to help enterprises adjust their financial management and avoid risks.

Facing the macro and complex global economic market environment, the risk factors of enterprise finance are complicated. Therefore, in this paper, the fuzzy comprehensive method is used to evaluate the financial risk of the enterprise. For a comprehensive evaluation of an enterprise, it can be a physical object with a variety of attributes, and similarly, it can also be a general evaluation of the comprehensive attributes or related factors under the influence of a variety of factors (Zopounidis and Galariotis, 2015). The evaluation can make a full consideration and analysis of various factors involved in the relatively vague environment, and can ultimately determine the financial situation of the enterprise, which has certain universality. Its general steps are shown in Figure 2.

As shown in Figure 2, the fuzzy comprehensive method is used to evaluate the business risk, investment management risk, financing project risk and other comprehensive risks of the enterprise. The first step is to select the index system of risk evaluation elements. In the traditional economic situation, the indicators to measure the enterprise risk include the financial profitability of the enterprise, the overall asset operation of the

enterprise, the debt repayment ability of the current enterprise and the potential for future development of the enterprise. At present, the financial risk management based on the network system can still refer to these four indicators, and can be materialized.

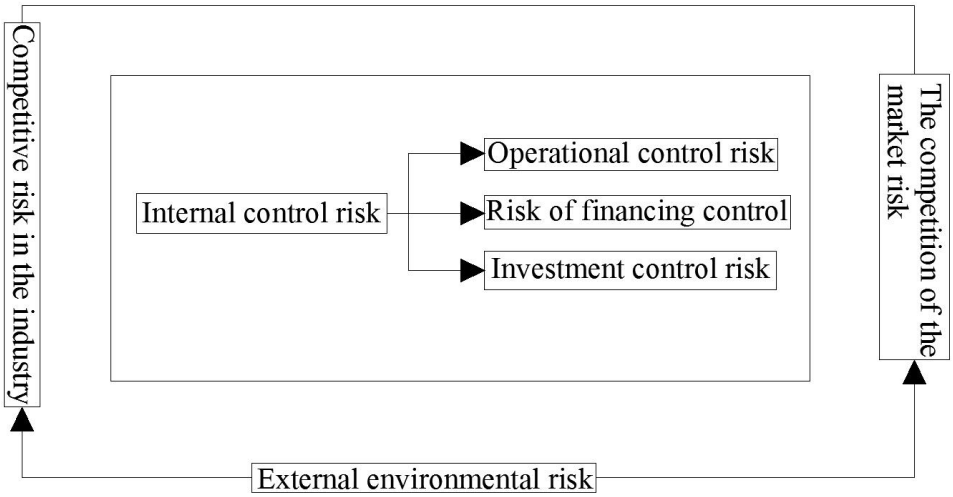


Figure 1 – Diagram of financial risk incubation early warning analysis

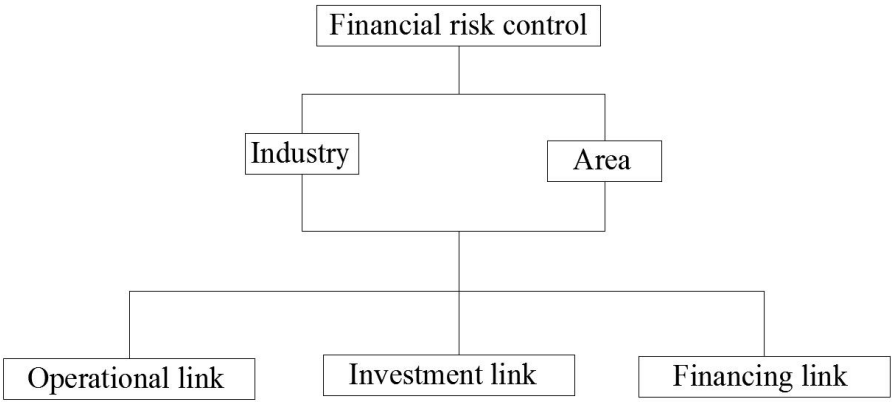


Figure 2 – Fuzzy evaluation method to measure financial risk program

3.2. Design of Risk Index Under Network Environment

To maintain the healthy operation of the financial condition is the basis for ensuring the reasonable cash operation of the enterprise. The credit sale and the purchasing link of enterprises involve the flow of capital, and affect the cash flow. Therefore, in addition to the traditional evaluation indicators, the risk evaluation index system should include the index system of cash flow.

In the traditional model, in the enterprise financial risk evaluation index system, the enterprise's accounts receivable turnover rate and the enterprise stock turnover risk data should be mainly taken into account. The turnover ratio of accounts receivable mainly reflects the status of the enterprise's account recovery, and it is the key index to measure the efficiency of enterprise loan recovery, and to reflect the operation of the enterprise. It can be seen from the following formula that, the higher the data index, the faster the enterprise's accounts receivable turnover is, so that the loss of asset liquidation risk is correspondingly smaller, thus reflecting the corporate debt repayment ability.

$$Receivables\ turnover\ ratio=\frac{Net\ income\ from\ main\ business}{Average\ accounts\ receivable} \tag{1}$$

The current inventory turnover rate of an enterprise indicates the liquidation efficiency of the inventory and the occupancy level of the capital. Measuring the deposit and loan turnover of enterprises can't rely solely on this data, because the different characteristics of different enterprises lead to the difference of production cycle. Therefore, when analyzing the data, the comparative analysis of the same industry and even the industry in different accounting periods is the key to the study.

$$Inventory\ turnover=\frac{Cost\ of\ goods\ sold\ or\ cost\ of\ selling}{Average\ inventory} \tag{2}$$

Although there is a little similar, the financial evaluation index based on the network environment is different from the traditional evaluation index. The current indicator data should be taken into account: the ratio of operating cash inflows to total cash inflows:

$$Enterprise\ cash\ inflow\ and\ total\ cash\ inflow=\frac{Cash\ inflows}{Total\ cash\ inflows} \tag{3}$$

The index is used to reflect the proportion of the overall business activities in the increase of net cash flow of enterprise. Generally speaking, if the ratio is bigger, the enterprise's operation condition is better, the capital flow channel of the enterprise is more unobstructed, and the overall debt paying ability of the enterprise is higher, and correspondingly, it can be thought that the enterprise's financial risk value is lower.

Then, there is the ratio of the total capital inflow to the total outflow of capital:

$$Ratio\ of\ cash\ inflow\ to\ outflow=\frac{Cash\ inflows}{Cash\ flow\ out} \tag{4}$$

The data index is usually used to assess the overall funding capacity of the enterprise. The critical value is "1". When the data value tends to the critical value, or the data index value is less than the critical value "1", it implies that the total cash flow of the enterprise

is greater than the inflow of the subsidiary, and there is a certain risk in the operation of the enterprise.

The research of the financial control strategy based on the network environment mainly includes two aspects: firstly, according to the financial characteristics of the network environment, the corresponding risk countermeasures should be put forward, so as to avoid the potential risks caused by network security; secondly, the traditional financial risk evaluation indicators should be attached great importance to, so as to fully understand the financial risk existing in the enterprise, and make timely adjustments.

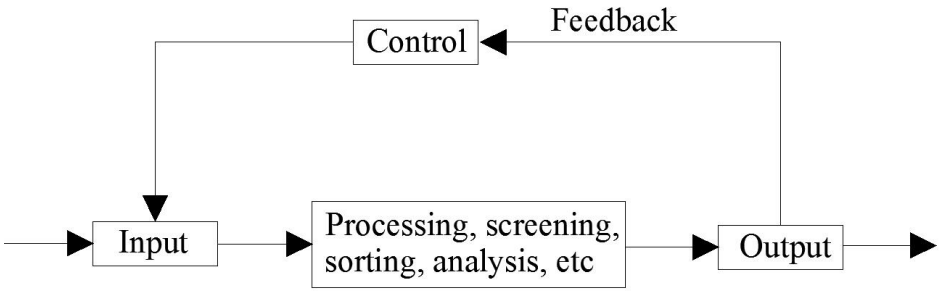


Figure 3 – Diagram of Risk Management Information System of the Enterprise

For the purchase risk of enterprises, some precautions and control should be taken. Enterprises should strengthen the relevant control system, the moral education of employees, the material purchasing bidding procedure system, and the supervision and control of the whole process of purchasing materials, so that the network information collection can be used to obtain relevant data, and the purchasing materials can be accurately and rationally judged.

For the purchasing department, different credit data should be set up for different customers, and credit policy should be implemented accordingly. First of all, according to the enterprise's financial statements and other data, the enterprise's credit limit is analyzed and determined. Secondly, according to the cash discount rate, the credit period in cooperation with the enterprise is determined. On the one hand, the credit period determines the cost of materials; on the other hand, it also concerns the sales of products and their competitiveness in the market. Therefore, in the establishment of credit decisions, enterprises should set up an application interval for different customers, as shown in the following figure:

In the figure above, the curve represents the impact of the firm's credit period on the business, and the c curve represents the impact of the credit period on the sales of the firm's products. The intersection of the two curves indicates that the enterprise can maximize the profits of the enterprise with the credit period at that point.

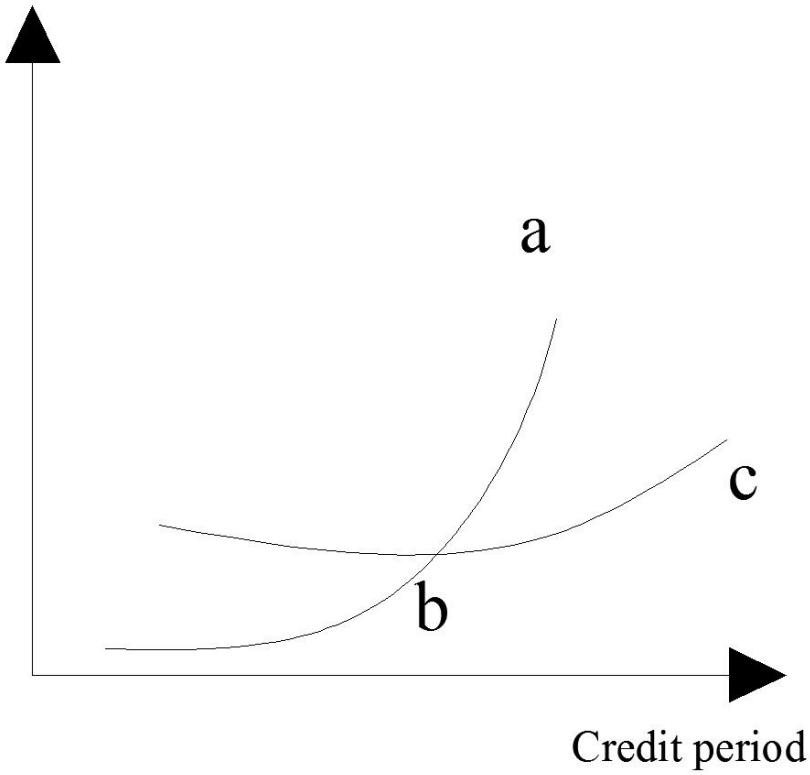


Figure 4 – Determination of the Credit Period of the Enterprise

The concept of cash discount rate is contrary to the extension of the credit curve of an enterprise. The cash discount rate for the enterprise may lead to a decrease in the sales profit of the enterprise, then shorten the cycle average accounts receivable of enterprises, and reduce the cost of investment and for a loss and management costs. Therefore, in view of the credit conditions of enterprises, the best cash discount rate should be given. For enterprises, no matter what method is taken to collect accounts, it may cause certain losses to the enterprise. Therefore, in the process of collecting accounts, enterprises need to constantly weigh all kinds of receivables, policies, agreements and interests, and finally determine the appropriate policy of enterprise accounts receivable. The diagram below shows the relationship between the bad debt loss and the account receivable, which shows that there is no linear relationship between them. In the initial stage of the collection, only less bad debt losses can be reduced. However, if the bad debt losses continue to increase, the cost of further collection will be increased until a certain point is reached, and the decrease in the bad debts will be reduced.

In addition, in the e-commerce risk prevention, enterprise project financing and investment, the corresponding risk prevention should be carried out. For the enterprise's e-commerce risk, first of all, enterprises should optimize their internal organizational

structure, and avoid risks from the internal management system; then, enterprises need to set up a set of perfect management measures to prevent and control investment risks; finally, enterprises should strengthen the risk management of the whole process, establish a complete financial information system program, and strive to defuse the financial risks of enterprises.

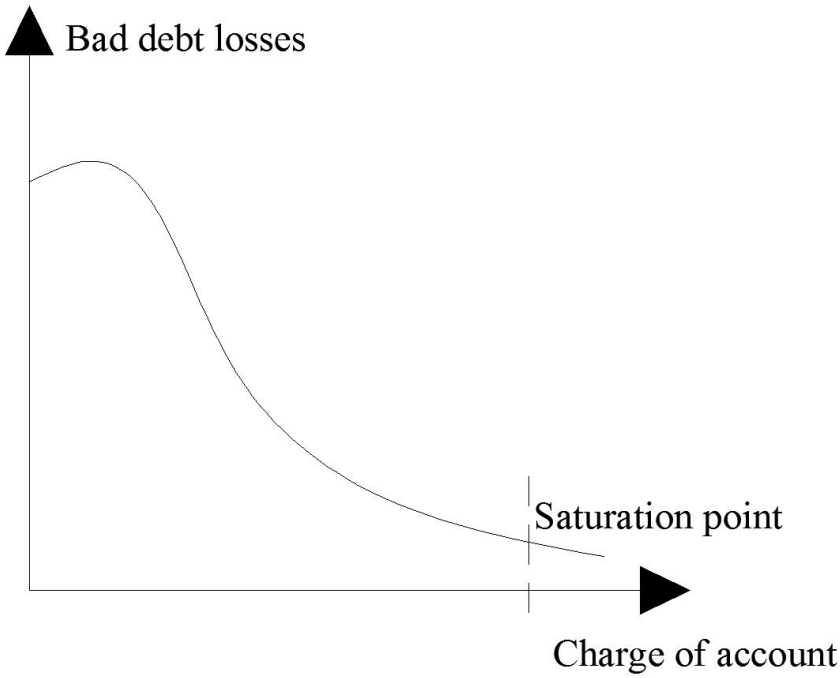


Figure 5 – Relationship Between Bad Debt Loss and Revenue Collection Expense

In the financing process, enterprises need to learn how to use interest rates and foreign exchange to avoid risk. In the distribution of profits, the correct policy of income distribution should be adopted, and the key to reduce the distribution of income should be understood. For enterprises, on the one hand, the owner's interests should be taken into account in the dividend policy, and on the other hand, enterprises should be provided with sufficient financing to lay the foundation for the steady development.

3.3. BP Neural Network Analysis

BP neural network was proposed by two scientists, Rumelhart and McClelland, in 1986. BP neural network is a multilayer feedforward network, which is trained by using the error back propagation algorithm,. Through constant correction and adjustment of its weight and threshold, in order to reach the expected error range. BP neural network is composed of two important processes: error back propagation and information forward propagation. The input layer is responsible for receiving the input information and then

passing it to the middle layer, which will process the internal information according to the information changes. We can design the middle layer as a single hidden layer, or set the middle layer as multiple hidden layers. The last hidden layer sends the information to the output layer. After the system processes it, it completes the whole forward propagation process, and then outputs the results to the outside world.

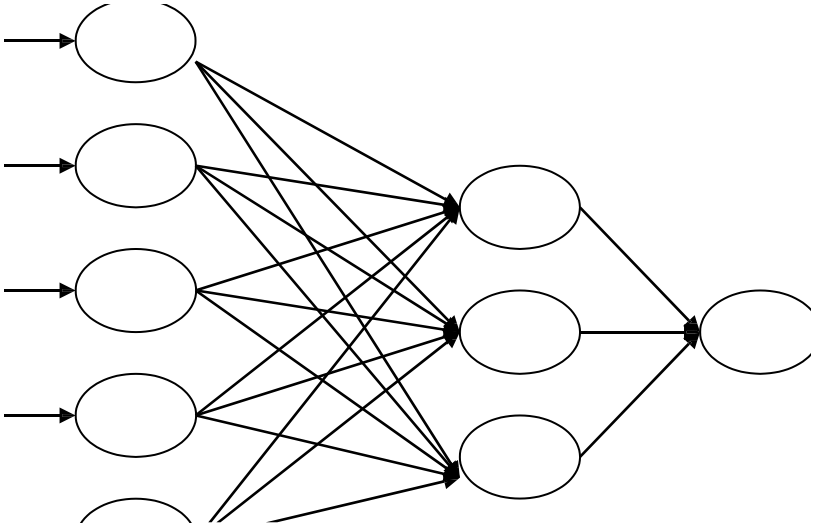


Figure 6 – Internal Structure Diagram of BP Neural Network

The financial risk evaluation model of Internet enterprises based on BP neural network adopts the Levenberg-Marquardt training method, and the average standard error model is selected to measure the error value, which has gone through 50 iterations, with an error of 0.0105. It can be seen that the analysis result of neural network model is good and the fitting degree is high.

The neural nodes in the input layer of BP neural network model are determined by the number of principal components analyzed by the principal components of Internet enterprises. This paper will optimize the financial risk impact indicators of Internet enterprises in 2017, and take the number of principal components analyzed as the number of nodes in the input layer. Because there are seven principal components, the number of nodes in the input layer of the BP neural network model is also seven. The essence of hidden layer design is the bridge between input layer and output layer, and the hidden layer is reasonably set to BP neural network

The model is very critical. It is the most important to determine the number of neuron nodes in the hidden layer. However, there is no uniform standard for the selection of the number of nodes. Generally, the hidden layer of the model is determined by trial

and error. The hidden layer in this paper is summarized through trial and error. The number of hidden layer nodes in this paper is 2. From Figure 6, we can get the error and fitting degree of BP neural network. The green curve in the figure represents the actual value, the blue curve represents the training value, the green dotted line represents the best value, the red curve represents the test value, and the black dotted line represents the target value. From the figure, we can conclude that the error is decreasing with the increase of the number of iterations of BP neural network.

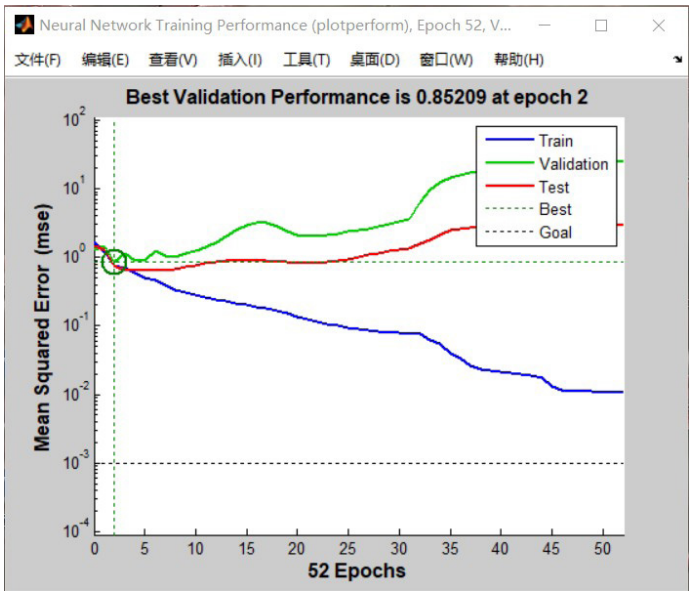


Figure 7 – BP Neural Network Fitting Diagram

4. Result Analysis and Discussion

Modern information technology has a significant impact on accounting, which makes the financial accounting change from traditional manual operation to computer aided computerization, and realizes the information operation of accounting industry. The use of modern computer technology can well manage the loopholes in enterprise financial management and realize early warning. In this study, the company A in the industry was taken as the research sample. From the introduction of the principle of BP neural network above, we can see that the BP neural network model can not only evaluate the financial risk, but also predict the financial risk of the next year based on the data of the previous year. So this chapter is based on the BP neural network method, using the sample data of listed companies to predict the financial risks of listed companies, and verify its prediction effect. Company A is a large state-owned enterprise, which has actively explored the enterprise financial risk management system, and has achieved very good results in the implementation of The Guidelines for Comprehensive Risk Management of Central Enterprises and The Basic Norms of Internal Control.

The company laid down detailed specifications for the scope and objectives of financial risk management. From the overall level of the company to the departmental level, and even to the subsidiaries and other levels, a clear management system was established. And financial monitoring indicators and financial risk events were fully managed. Based on the overall level of the company, the following monitoring contents were designed:

Strategic financial indicators (unit: 100 million yuan)	**In 2015**	**In 2020**
Business income		
Total profit		
The ratio of cash inflows to total inflows		
The ratio of cash inflow to outflow		

Table 1 – Monitoring chart of strategic financial indicators

In addition, the monitoring content of the operation was specified in detail:

Financial risk	**Risk concerns**
Profitability risk	Business profitability: the gross profit of the sales contract, the matching of the cash inflow of the contract with the total income, the profitability of the assets: equity distribution, the investment and financing interests of the restricted currencies, etc.
Asset quality risk	Quality of current assets: whether the financial assets, inventory and cash flow are locked; the quality of non-current assets: the effectiveness of intangible assets and R & D investment, fixed assets, etc.;
Debt risk	Corporate solvency, interest rates and other risks;
Growth risk	Whether the market share is improved or not; the cost management ability; the benefit of foreign investment;

Table 2 – Monitoring table of financial risk indicators

In addition, the company clearly defined the financial structure, the financial controller and the financial risk officer and other financial officers. By improving the internal system, the financial management program system which met the needs of the company's business development was established, which improved the efficiency and the emergency response ability of the financial department.

Through the case of appeal, the enterprise A established a more comprehensive financial risk warning mechanism. All aspects of financial risk management were implemented. Finally, the detection and analysis of financial risk were realized from the financial risk indicators and activities database to financial data indicators identification and evaluation. From the practical effect, the system run more effectively, and the data collection and operability were strong. Risk warning feedback mechanism was incorporated into a comprehensive risk management platform in the enterprise, so as to provide effective data support for enterprise decision-making to pay attention to the enterprise risk, and provide

the basic guarantee for the strategic decision. For some risks, the improved scheme was operable. For example, there were detailed steps to strengthen sales management and deposit and loan analysis, so as to implement the improvement actions, effectively defuse the potential risks, and ensure the realization of the strategic objectives.

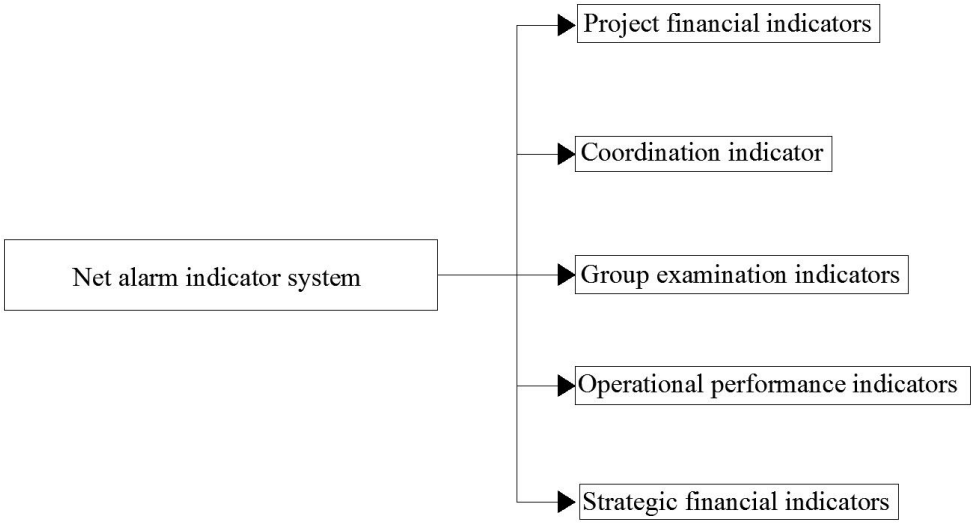


Figure 6 – Structural diagram of financial risk early warning indicator system

This paper uses BP neural network algorithm to build a financial evaluation model for listed companies, and selects listed companies with different life cycles, different main businesses and different enterprise properties to mine their sample data for training and testing. The research results show that:

1. The trained BP neural network financial risk evaluation model of listed companies has the same evaluation accuracy for different enterprise properties.
2. The trained BP neural network financial risk evaluation model of listed companies has a better evaluation effect on listed companies with a long life cycle than on Internet companies with a short life cycle.
3. The trained BP neural network financial risk evaluation model of listed companies has a better evaluation effect on listed companies whose main business is software development and film and television media than on Internet listed companies whose main business is online games.

5. Conclusions

In the complex market environment, the establishment of efficient, real-time, perfect corporate financial risk control measures is the primary problem faced by each enterprise, but also one of the current hot topics of accounting. In this paper, based on the differences between the current Internet environment and the traditional economic

model, the financial management risk that may exist in the enterprise under the current environment was analyzed in an overall way, and the enterprise risk control index model was established. Based on the large amount of accounting data, the data model can analyze and compare it with the preset risk control index, so as to help enterprises realize the early warning of the financial risk in the incubation period. After getting the warning information, the enterprise can formulate the response plan according to the current operation situation and with the help of the huge data support of the system, so as to smooth over the financial risk loophole and realize the stable development. In the future, the idea will be recognized and used by more and more enterprises. However, there are still some defects in this study. The establishment of the model is only for the whole but not targeted in a particular industry or enterprise, so that the details have not been fully perfected. In addition, the system still uses the traditional manual input method in data acquisition, and has no better connection to the enterprise's financial accounting system, thus also bringing a certain amount of work to the relevant financial personnel of the enterprise.

References

Allam, Z., Dey, G., Jones, D. S., (2020). Artificial intelligence (AI) provided early detection of the coronavirus (COVID-19) in China and will influence future *Urban health policy internationally*. 1(2): 156-165.

Ashraf, S., GS, F. E., Serrasqueiro, Z., (2019). Do traditional financial distress prediction models predict the early warning signs of financial distress?. *Journal of Risk and Financial Management,* 12(2), 55.

Boloş, M. I., Sabău, P. D. C., (2017). Developing an Adaptive Fuzzy Controller for Risk Management of Company Cash Flow. *International Journal of Fuzzy Systems*, 19(2), 1-9.

Cetorelli, N., Peristiani, S., (2015). Firm Value and Cross-Listings: The Impact of Stock Market Prestige. *Journal of Risk & Financial Management,* 8(1), 150-180.

Chen, J. G. (2015). Discussion on the Enterprise Internal Control of Financial Risks. *Journal of Wuhan Institute of Shipbuilding Technology,* 42(5), 2009-2017.

Daniel, Z., Meriem., (2016). The Effect of the 2007/2008 Financial Crisis on *Enterprise Risk Management Disclosure of Top US Banks*. (1), 28-51.

Hou, L. (2015). Analysis of Defects in Financial Accounting Management of Construction Enterprises and Corresponding Strategies. *Open Cybernetics & Systemics Journal*, 9(1), 1218-1222.

Hübner, G., Lambert, M., Papageorgiou, N. (2015). Higher-moment Risk Exposures in Hedge Funds. *European Financial Management,* 21(2), 236–264.

Liu, H., Bao, Z. (2015). On a Discrete Interaction Risk Model with Delayed Claims. *Journal of Risk & Financial Management,* 8(4), 355-368.

Nirei, M., Sushko, V., Caballero, J. (2016). Bank Capital Shock Propagation via Syndicated Interconnectedness. *Computational Economics,* 47(1), 67-96.

Stajic, N. (2015). Corporate strategy of Serbia's SMEs in working capital financial risk management. 8(1), 1-15.

You, T., Fiedor, P., Hołda, A. (2015). Network Analysis of the Shanghai Stock Exchange Based on Partial Mutual Information. Journal of Risk & Financial Management, 8(2), 266-284.

Zopounidis, C., Galariotis, E. (2015). Quantitative Financial Risk Management. 1(2), 454-458.

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

Recebido/Submission: 22/07/2022
Aceitação/Acceptance: 28/11/2022

Evolutionary Clustering and Marketing Analysis of Product Word-of-Mouth based on ICA K-Means

Weiming Wang

eaifx08301@163.com

Universiti Teknologi Malaysia, 54100 Kuala Lumpur, Malaysia

Pages: 442-450

Abstract: With the improvement of residents' quality of life, the demand for brand reputation of products is also growing. With the penetration of e-commerce into people's daily life, online shopping has become a new shopping mode. Therefore, it is of great significance to use effective methods to promote product marketing. In order to optimize the experience marketing strategy of online retail brands, the author puts forward the idea of audience segmentation network experience marketing, and on the basis of the experience marketing system model using Apriori algorithm, three experience marketing models based on the network construction of social networks, big data types and adaptation scenarios. K-Means algorithm is used for simulation analysis. The final study shows that the Internet experience marketing strategy, as a new force, is being upgraded and optimized in the existing circulation marketing system, which will bring new vitality to the sustainable development of retail brand enterprises.

Keywords: Brand enterprises; Apriori algorithm; Social network; sustainable development

1. Introduction

From the perspective of experience marketing, traditional brand theory has great limitations. The most important problem is that it ignores the essence of the brand. As a combination of cognition, feeling and emotion, brand can make customers have distinctive and even unforgettable brand experience. Nowadays, in many industries, brand names and logos are no longer the basis of customer choice. Although these basic elements are necessary for building a brand, what is more important is that the brand become the provider of experience, provide customers with unique experience, and impress consumers. Inspire them to think about customers' needs and make them

warm, and even rely on brand awareness to integrate the brand into consumers' daily life, so that consumers become loyal fans of the brand. Since the beginning of the 21st century, China's economy has developed vigorously, the quality of life of residents has generally improved, and consumers' requirements for food quality have gradually improved. With the development of industrial technology, the production of processed products is becoming more and more common, making people pay more attention to the quality of processed products, and the demand for branded products is also increasing (Agnes et al., 2014). As a kind of daily consumption material, brand products fully meet the demand of green food, and the proportion of daily consumer goods is also increasing (Andrea & Richard, 2016). With the penetration of e-commerce into people's daily life, online shopping has become a new shopping mode. With the deepening of the concept of Internet plus, more and more cities around cities and urban wholesalers have joined the online operation system, which increases the demand for urban end distribution, and combines the demand of urban consumers with the demand for research on end distribution of fresh products (Avichai, 2016). Although these e-commerce platforms are still in the exploration stage, with the gradual development of the industry and the support of government policies, the development prospect of these e-commerce platforms is huge (Camino et al., 2021). In this paper, based on the existing technology and social environment of terminal distribution, the particle swarm optimization algorithm is used to build a two-level model of self-lifting point location based on distance and self-lifting point cost. The terminal distribution model is optimized according to the customer's satisfaction with the delivery time, and the selected self-reference points are added to the model to build a realistic fresh terminal distribution environment (Chesta et al., 2013).

2. Related Work

There have been foreign scholars, on the basis of previous studies, that the consumer network experience is divided into two parts: spatial presence and interaction, the sense of existence from the network technology to network user's breadth and depth of interaction from the network users for information in response to the speed and the controllability of the information obtained there is a sense of space, giving consumers the immersion of virtual space, and consumers to spend more time in the virtual environment have more positive emotional experience, resulting in repeated visits to sites with high. And interaction gives consumers a better ability to store information .

At the end of the last century, Bernt Schmidt's "experiential marketing" published more systematically for the first time from the angle of strategy put forward experiential marketing and traditional marketing difference, pointed out the experience marketing to the field, that experience is composed of tactical tool exchange, reputation, product, brand (Dr, 2013), network environment, and people will experience; divided into feeling, emotion, thinking, action, relationship between the five types, namely SEMs (Strategic experiential module, Strategic Experiential Modules) (Jamila et al., 2015).

In the discussion of the network marketing strategy, many domestic scholars are involved in the current actual Chinese network marketing strategy deficiencies (Jonathan et al., 2010). For example, Chang Xiangquan from the current network consumer psychological problems in the perspective of the corresponding discussion, he said: mental disorders,

cognitive network consumption distribution facilities backward, single payment, lack of means of marketing, too much reason to take discounts and other incentives as a result of the reasons for the deficiencies of current network consumption.

3. Theoretical Method

3.1. Analysis of K-Means Algorithm

According to the principle of K-means clustering, when designing an application program, the program is generally divided into four parts: the main program (Mehir & Bipasha, 2010), the command line analysis module, the data file reading module and the clustering analysis module. The relationship between the parts is shown in Figure 1.

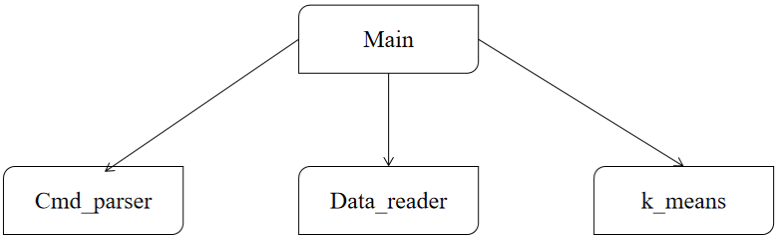


Figure 1 – Program Component Diagram

Let's say that the n-dimensional data set $x = \{x_i \in T^n, i = 1,2,\cdots,n\}$ is aggregated into m categories $v_1, v_2, \ldots, v_m$, and its centers of gravity are $z_1, z_2, \ldots, z_m$ respectively, where:

$$z_i = \frac{1}{n}\sum_{x \in v_1} x_1 \tag{1}$$

Then, the sum L of the distances between each data point x_j and the center of gravity v_j of the set where they are located is calculated according to the Euclidean distance.

$$L = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n_j} n_{ij}\,(x_j, z_i) \tag{2}$$

The smaller the L value, the more compact the set, the greater the similarity, and the better the independence.

Enter sample set:

$$D = \{x_1, x_2, \cdots, x_n\} \tag{3}$$

Output: k cluster centers V_i and clusters satisfying the criteria function.

Select randomly samples from sample set D as the initial clustering center, and calculate:

$$Q = \sum_{i=1}^{m} \sum_{x \in V_i} | x - \bar{x}_i | \tag{4}$$

Calculate the standard measurement value, and give the variable F of the data object. The standardized processing method is shown in Formula (5).

$$k_{iF} = \frac{x_{iF} - m_F}{U_F} \tag{5}$$

Where k_{iF} is the standard measure, x_{iF} is the i-th measure of variable F, m_F is the mean of variable F, and U_F is the absolute deviation of the mean, as shown in formula (6).

$$U_F = \frac{1}{n}(| x_{1F} - m_F | + | x_{2F} - m_F | + \cdots + | x_{nF} - m_F |) \tag{6}$$

Data objects are generally represented by data matrix in cluster analysis, and the matrix is as follows.

$$\begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1F} & \cdots & x_{1K} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{N1} & \cdots & x_{iF} & \cdots & x_{iK} \end{bmatrix} \tag{7}$$

There are N data objects in the matrix, and each data object has K variables.

Data objects are generally represented by data matrix in clustering analysis, and the matrix is shown as follows (Phillip, 2016). Data object matrix cannot be directly applied to clustering analysis, so data object matrix is converted into dissimilarity matrix before clustering algorithm is used. The conversion algorithm constructs dissimilarity matrix according to dissimilarity between data objects, and dissimilarity matrix is shown as follows.

$$\begin{bmatrix} 0 & & & & \\ D(2.3) & 0 & & & \\ \vdots & \vdots & & & \\ D(N.1) & D(N.2) & \cdots & \cdots & 0 \end{bmatrix} \tag{8}$$

Among them, $D(i, j)$ is the distance between data objects, i.e. dissimilarity, which is generally non-negative. The more similar the two objects are, the closer the value is to 0, otherwise the greater the value is.

Because in data mining and data analysis, it is often necessary to read data, so in order to make the program as general as possible, it is convenient for future expansion. To

evaluate the "similarity" between two different samples, the commonly used method is to calculate the "distance" between two samples. Using different methods to calculate the distance between samples will affect the clustering results. Its core idea is to carry out rough classification first, and then correct unreasonable classification according to some optimal principle until it is more reasonable. Every semester, the teaching skills assessment should be carried out according to the teaching skills assessment standard table for normal students formulated by the school, and a large number of teaching skills assessment data are accumulated every year. Therefore, this system takes this original data as the mining object, conducts scientific research, calculates the average value of data objects in each cluster, and iterates repeatedly until the target criterion function formula. Calculating the distance between each object and these central objects (the mean of clustering); And re-dividing the corresponding objects according to the minimum distance; The goal is to make the reflection texts in each cluster set have the highest similarity and the reflection texts among clusters have the lowest similarity, thus facilitating effective automatic classification of reflection texts. K samples are randomly selected from the sample set as the center of each cluster. The remaining samples are classified as belonging clusters according to the nearest neighbor principle. Then the center of each cluster is recalculated and the process is repeated until the criterion function converges.

3.2. Accurate Marketing

With the development of the new economic environment, between enterprises and consumers want to establish a more efficient and effective way to link, precision marketing will emerge as the times require (Y et al., 2011). The so-called precision marketing, refers to the modern information technology through the realization of personalized marketing activities, through the qualitative analysis of the market to the directional analysis of the conversion, with the help of database technology, network communication technology and other means to establish business and customer interaction, Of the intermediate channel links, and ultimately to marketing to assess, can adjust the precise requirements.

SNS's outstanding features are reflected in the personalized highlight, highly participatory and interactive, fast spread, the pursuit of spiritual values and so on. SNS to friends under the line or interest for the organization to establish an online platform for the user's information collection is more accurate, the other users of the larger, friends of the dynamic development of interest through the database can be timely control. For enterprises, you can provide specific information to the specific crowd of targeted advertising, the business information accurately passed to the target user. But also through customer relationship management, found that the potential needs of customers and their friends, to establish a good interactive relationship to capture the customer's personal values and their social value, the use of customer relationships network, found different nodes in the use of these nodes to different Customer needs to develop differentiated strategies to effectively expand and maintain long-term customer and business relationship, in order to achieve the sustainability of accurate marketing.

4. Result Analysis and Discussion

4.1. Cultivating Marketing

The investigation found that in terms of the purchase intention of cultural and creative products, 54.2% people said that they are willing to buy cultural and creative goods in a particular area, while 45.8% people had casual attitudes to buy cultural and creative goods. None of the respondents indicated that they were unwilling to buy them. The analysis results of the purchase motivation are as follows.

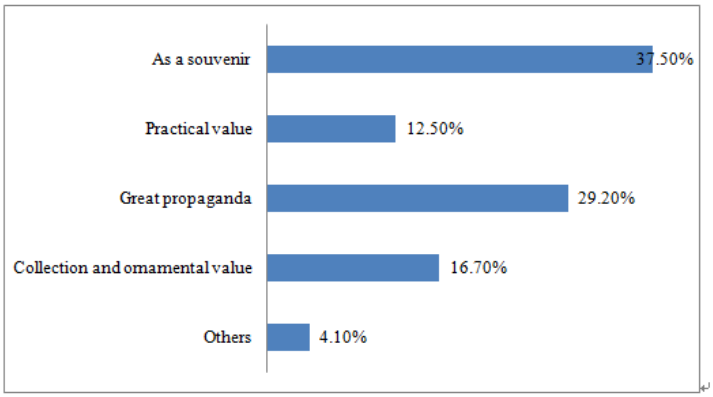


Figure 2 – Analysis of the Purchase Motivation

The results show that in the purchase process of cultural and creative products, the first consideration of consumers is that they can be retained as a souvenir, followed by its publicity effects. This paper presents the following strategies for the development of the Internet marketing of cultural and creative Goods: (1) the functions of government should be changed, and the integration of government and industry resources should be realized. The digital marketing of cultural and creative products needs to integrate the advantages of government and enterprises, so as to speed up the transformation of government functions. The government must deepen the reform of cultural administrative system, promote the transformation of politics separate, and clear the obstacles to the development of cultural and creative industry systems (2) the construction of market operators should be realized, and the intensive development of marketing platform should be promoted. We must make full use of market allocation of cultural resources to form a diversified development pattern. (3) It should innovate the profit model and promote the integration and development of the digital content industry. The network marketing platform for cultural and creative products needs to form a new profit model to form a resource integration effect. In the long run, the integration of the digital content industries is an inevitable trend. Then, through television, Internet and mobile phone terminal, with the use of the digital TV, the mobile communication network, and the national market these three major information infrastructures, cultural products and value-added services should be nationwide sold.

4.2. Cyber Marketing

VANCL before the network belongs to pure brand network retail brand, has become the transformation of network retail brand; in addition to the main selling VANCL brand products, but also provide a sales platform for other brands. It is one of the typical cases of implementing the network experience marketing strategy in China.

VANCL was founded in October 2007, the initial target customers are young audience product line only for the rest of clothing and footwear, the product line has been covering men's, women's and children's clothing, shoes, accessories, cosmetics, Home Furnishing seven, the audience is more extensive. Support the national 1100 cities goods to pay, when the interview, 30 days unconditional return goods and so on. According to the four years of financial data of the Beijing City Administration for Industry and Commerce VANCL display, 2008 to 2011, Eslite sales revenue of about 120 million, 300 million, 1 billion 700 million yuan, 3 billion 500 million yuan, the growth rate is rapid; network clothing brand sales ranked first. At the same time, according to the survey, the majority of Internet users in the typical domestic shopping sites, the highest satisfaction with the website. As shown in Table 1.

VANCL	Jingdong Mall	Dangdang	Taobao	QQ mall
4.14	4.11	4.06	3.92	3.59

Table 1 – The evaluation score of the satisfaction of the shopping websites

The main reason for its success lies in the success of the network experience marketing strategy. Its brand culture is deeply in line with the consumption concept of the young people. At the same time, it uses the Internet experience marketing strategy to publicize its brand culture, and establishes loyalty and satisfaction to the brand in the consumer's mind. Then I will elaborate on it

VANCL is using its official micro-blog published observations and comments on the e-commerce industry, and the release of the new activities; communicate with the fans and fans of micro-blog brand, such as a news release for a concert in the brand spokesperson Li Yuchun, wearing clothes where the viewer through reports and upload photograph I can win the lottery ticket photo through drama. Again, for example, it encourages forwarding activities. The first micro-blog to forward the new product will be given the new product.

Although VANCL is a pure online brand, but flexibly combined to carry out the activities under the line to expand its visibility and reputation. For example, in the National Day 60th anniversary, held the "Charity Carnival" T-shirt sale activities to celebrate the birthday of the motherland, the public marketing shape the brand image of public spirited, widely won the consumer groups agree. Recently with the Ullens Center for Contemporary Art (UCCA) and Sanlitun VILLAGE jointly organized the "positive energy Music Festival", invited many celebrities to participate in culture and art, and the young friends to share their youth and the "positive energy story", fully demonstrated the brand's positive brand connotation, the young people also played good guide.

Figure 3 – VANCL website

5. Conclusions

With the continuous development of the experience economy, the society is transforming from the service economy to the experience economy, and the individualized and emotional needs have been paid great attention. As a human marketing mode, network experiential marketing can not only effectively satisfy the needs of consumers, but also a powerful means to narrow businesses and consumers. After a series of studies, the author draws the following conclusions:

Through the design of the three models, the author finds that retail brand enterprises can understand the source channels of marketing website visitors in real time and make corresponding cost analysis, improve marketing strategies and improve marketing efficiency by means of network monitoring tools. According to the periodic changes of the collected visitors' data, the content of the online product display can be adjusted accordingly. At the same time, a network experience marketing system based on Apriori algorithm is implemented. The data acquisition module and data analysis module of the system are designed. Data mining module design includes data topic determination, data preprocessing and Apriori algorithm design and implementation.

This paper is in its infancy, there are many needs to be improved, for example, this paper introduces the design and implementation of network marketing system is only accurate mining and Analysis on frequent management rules of the model, can be used in future research into clustering analysis method.

References

Agnes, N., Christine, G., Patricia, G. W. (2014). Children's use of brand symbolism: A consumer culture theory approach. *European Journal of Marketing,* 42(5), 231.

Andrea, D., Richard, E. (2016). The evolution of the empowered consumer. *European Journal of Marketing,* 40(9), 121-122.

Avichai, S. A., (2016). A new market brand equity model (MBE). *Euro Med Journal of Business,* 11(3), 356.

Camino, J. T., Artigues, C., Houssin, L., (2021). MILP formulation improvement with k-means clustering for the beam layout optimization in multibeam satellite systems. *Computers & Industrial Engineering,* 158, 107228.

Chesta, K., Theo, J. M. Van, d. V., Philip, W. K., (2013). Corporate real estate mirrors brand: a conceptual framework and practical applications. *Journal of Corporate Real Estate,* 15(3), 264.

Dr, R. (2013). Architecting MexGro: introducing online experience for shopping ethnic products. *Emerald Emerging Markets Case Studies,* 3(5), 78-79.

Jamila, A., Erica, W., Brent, M., (2015). Shaping destination image and identity: insights for Arab tourism at the Gold Coast, Australia. *International Journal of Culture, Tourism and Hospitality Research,* 9(1), 88-89.

Jonathan, A. J., Wilson, Svend, H., Saipa, G., (2010). Iran-using strategic brand extensions to build relationships. *Journal of Islamic Marketing,* 1(2), 45-47.

Mehir, B., Bipasha, M., (2010). Effectiveness of integrated marketing communications: Empirical analysis of two brands in India. *Journal of Indian Business Research,* 2(1), 412-413.

Phillip, F., (2016). Kittichai (Tu) Watch ravesringkan. Exploring antecedents and consequences of young consumers' perceived global brand equity. Journal of Product & amp; *Brand Management,* 25(2), 416-417.

Y. T. McIntyre-Bhatty, D. Parker. (2011). The Art of War in manufacturing consumer consent: Strategy, business culture and ethics in marketing management. *Chinese Management Studies,* 5(4), 98-99.

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

Recebido/Submission: 14/10/2022
Aceitação/Acceptance: 11/12/2022

Vocal Music Performance Evaluation System Based on Neural Network and Its Application in Piano Teaching

Yu Cui

pqivp0453286@163.com

Xinghai Conservatory of Music, 510520, Guangzhou, Guangdong, China

Pages: 451-464

Abstract: Piano note recognition is the process of automatically converting music audio files into digital music files, which plays an important role in piano assisted teaching and automatic music recording. Evaluation of timbre can provide reference to the singer in vocal music performance, so that their pronunciation can be corrected. In the process, their emotions will affect the timbre to some degree. Based on aspect of emotion, the application of evaluation systematic standards applied in evaluation software algorithm is studied. Classifier of music emotion characteristics has been established. SVM algorithm has been used to process and analyze the music signal. After feature selection and test of trail, the related parameters have been selected and then the algorithm is tested. The test shows that the method built can well identify and evaluate the timbre of vocal music and has practical significance.

Keywords: Vocal Singing; Evaluation System; Timbre; Emotional Computing

1. Introduction

Piano performance is a unique form of language. Piano teaching is a special interpretation of this language. It interprets the meaning of music language in the form of performance. In piano teaching, students should start from objective knowledge and materials, give full play to their musical creativity and imagination, and make music more infectious and vitality. Teachers use multimedia technology to create a vivid and flexible picture, which can greatly stimulate students' creative thinking and music awareness, and integrate the context of the work while students watch the picture and listen to music. With the development and maturity of computer technology and Internet system, multimedia technology is changing people's traditional production, life, work and education methods with its unique advantages and charm. At present, many colleges and universities are

gradually establishing campus networks, using modern technology and multimedia means to explore new models of college piano teaching under the conditions of network and advanced technology, and strive to achieve breakthroughs in piano teaching under the guarantee of college multimedia technology. Objective evaluation of vocal music singing, an intelligent information technology that studies the processing of vocal music recording by using computer, takes sound as the physical quantity changing with time, extracts its physical characteristics and completes the objective evaluation of sound (Bahreini et al., 2016). Sound processing technology for vocal music singing is also the hot spot of international academic research on signal and information processing, having made great progress (Belyk & Brown, 2016). Objective analysis and evaluation software can be used in the marking process of vocal competition to reduce artificial prejudice and omission. The software can also be used in the learning process of vocal music to provide real-time assistance for the singer, and to correct the inappropriateness in singing and help them adjust to the best sound state (Cuadrado & Rusinek, 2016). It can be predicted that the objective evaluation of machines will potentially become a powerful tool in the field of vocal music (Degottex et al., 2016). Whether the singer's emotion is played and fully performed is an important evaluation standard of singing quality in vocal music performance, and emotion also has a certain impact on the timbre (Elferen, 2016). Based on this, a set of evaluation system of moving timbre based on emotion analysis has been established, and its optimization has been analyzed.

2. Related Work

As piano learning becomes more and more expensive, the creative task of music writers becomes more and more difficult, and people urgently need to use computers to assist their work. Free them from the tedious teaching and manual music recording, so as to improve the efficiency of music teaching and writing. With the improvement of piano note recognition system, we have reason to believe that with the development of computer music related technology. This goal will be gradually realized. The content of this course is at the stage of improvement, and will play a positive role in improving the level of piano auxiliary teaching and score recording. In recent years, domestic attention on research of music emotion evaluation has significantly increased. Many famous universities and authoritative research institutions have carried out a lot of research work about music emotion evaluation (Green et al., 2017). The CASIA performance mandarin emotion corpus provides data support for the research on emotion evaluation of music in mandarin, which is released by the institute of automation of the Chinese academy of sciences (Hou, 2017). Scholars of Harbin Institute of Technology summarized the development history and research status of music emotion evaluation at home and abroad, laying the foundation for future research (Kato et al., 2018). Music rhythm feature has been extracted, combined with Gaussian mixture model and probability neural network model, music emotion of mandarin has been assessed. The experimental results show this method has strong ability to distinguish emotion, the evaluation accuracy up to 76.7% on average. The study also showed that prosodic features in emotional state of anger, joy and surprise, its ability to distinguish is relatively weak (Kim & Bae, 2016). With the deepening of research, academic conferences in the field of emotion calculation and interaction have been gradually carried out in China. The conference has attracted a large number of music research scholars at home and abroad

to exchange experiences and jointly promoted the continuous development of music emotion evaluation technology (Mokhsin et al., 2016).

3. Methodology

3.1. Establishment of Music Emotion Feature Classifier

According to the vocal tract stimulation model, the emotional characteristics of music can be divided into prosodic characteristics, vocal characteristics and auditory characteristics. The prosodic features reflect the vocal state of the glottis, including pitch frequency, energy, zero crossing rate, etc. The characteristics of the vocal tract reflect the deformation of the vocal tract during pronunciation and represent the sound quality.

At present, most researchers use the resonance peak parameter to describe the sound quality, so as to conduct the research on music emotion recognition (Pinheiro et al., 2016). There are many classification methods to distinguish music feature parameters: according to whether emotional features reflect the change of emotional time series, they can be divided into short-term features and long-term features. Short-time feature is a vector sequence extracted in the frame, reflecting the change of time series in each sample. Long time characteristics are also called static characteristics. Each sample is a value, which is the statistical value of a short-term feature (mean, variance, maximum, minimum, etc.), and can also be some prosodic features, such as speech speed and average vowel duration (Pongrácz, 2017). Time-domain and frequency-domain characteristics: time-domain characteristics include resonance peak, short-term average energy, short-term average zero-crossing rate, pitch period, etc. Frequency domain features include linear prediction coefficient (LPC), LPC cepstrum coefficient (LPCC), short-time spectrum, Mel frequency cepstrum coefficient, etc (Schuller, 2016). MEL frequency cepstrum coefficient (MFCC) is usually used to describe the auditory characteristics reflecting the human ear's perception of sound.

Different emotional states in music are reflected by the differences in music characteristic parameters. The relationship between different emotions and music parameters is summarized (Young, 2017). Research shows that humans speak faster in anger, having higher pitch frequency and range, and sound is very clear. Human sound energy is higher in happiness and pitch frequency fluctuation is small. Speech slows down when being in sadness, the sound energy is low and the sound is vague (Zhang et al., 2018). People tend to speak very fast in fear, with high pitch frequency and low sound quality. Humans speak fastest when disgusting but have lower sound energy (See table 1).

Features	Explain
Pitch frequency	Common statistical indicators of fundamental frequency function and its first order difference and two order difference (extremum, rate of change, etc.)
Strength	Commonly used statistical indicators of short time energy and short-time mean amplitude function and their first order difference and two order difference.
Speed of language	The reciprocal of the average length of voiced segments
Tone quality	Formant parameter

Table 1 – Common Characteristic Parameters

Music emotion recognition is mainly studied by integrated characteristics combining with different characteristic parameters in the existing studies. The mainstream method is to conduct frame processing on auditory independent music to extract short-term features of music, and finally global statistical indicators of features are used for music emotion recognition research. Commonly used statistical indicators include extreme value, mean value, rate of change, etc. Some scholars extract the features of pitch frequency, short-term zero-crossing rate, short-term energy, harmonic noise ratio, MFCC, etc. to calculate the relevant statistical indicators of 5967 dimensions. Emotion recognition research is conducted in multiple corpuses. Malandrakis et al. apply the statistical indicators of pitch frequency, logarithmic energy, short-term zero-crossing rate, spectrum center of gravity, spectrum flux, MFCC, PLPC and other characteristics to the tracking of movie dimension emotion. Origlia et al extract the pitch frequency and characteristics of short-time energy. The maximum, minimum, mean and standard deviation of statistical indicators are viewed as music emotion features, recognition accuracy of percentage of nearly 60 has obtained in a multilingual hybrid emotional corpus.

Wang et al. extract pitch frequency, short-term energy and duration to study music emotion recognition in Mandarin, achieving an average accuracy rate of 88% in the speaker's emotion recognition experiment. Five commonly used music features, such as speech speed, pitch frequency and short-term energy, etc. are used in the study of emotion state recognition. The average recognition accuracy of the experiment reaches 82.58%. The classification principle of music is shown in figure 1.

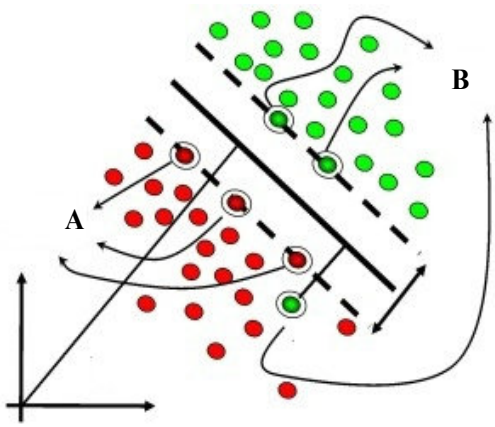


Figure 1 – Music Classification Principle

Pitch frequency is generally considered to be closely related to emotion. Music emotion features are abstract and diversified. Each feature only contains partial information of music signal, and their degree of association with emotion is large or small. Therefore, how to choose the feature combination most closely related to emotion becomes a hot topic in this field. Feature selection is conducive to exploring the correspondence between

features and emotions, simplifying the optimization model and improving the efficiency of music emotion recognition. A heuristic search method based on classifier accuracy criterion is commonly used in music affective feature evaluation and selection research. In general, the discriminant classification methods such as KNN and SVM are used for the static feature selection. For dynamic feature selection, generative classification algorithm is adopted, such as HMM, GMM, etc. The commonly used heuristic search algorithms include sequence forward selection (SFS), sequence backward selection (SBS) and priority selection algorithm (PFS).

The core of music emotion recognition system is the establishment of music emotion recognition model. The construction process of music emotion recognition model mainly includes music processing and emotion processing. The main work of music processing is corpus preprocessing and feature extraction, and the emotional feature database is finally obtained. The main work of emotional processing is the training, learning and recognition of emotional features. At the beginning of model construction, the first task is to determine music emotion description model so as to select or build music emotion corpus. On the basis of existing research results and in combination with the practical demand of this topic, CASIA performance type mandarin emotional corpus, published by automation research institute of Chinese academy of sciences, (http://www.chineseldc.org/resource_info.php? Rid =76) is used to construct music emotion recognition model for basic corpus data. The corpus defines emotional state using discrete emotion description model, and defines emotional sufficient meaning as anger, Fear, Happiness, Neutral, Sad and Surprise. Therefore, music emotion recognition research is defined as a standard pattern classification problem, so as to facilitate the application of music emotion recognition system. The corpus consists of 50 sentences of text recorded by four speakers including two men and two women. See appendix A for the specific content of the recorded text. The data collection process is carried out in a noise-free environment with a sampling rate of 16000Hz and a bit of 16bit, and finally saved in WAV file format.

3.2. Processing Method Analysis of Music Signal

The phoneme model is similar to the isolated model, and the dictionary is used to describe the elements of each word combination. Semantic matching is to describe the probability of combination between independent words. Semantic matching and lexical matching together constitute a continuous recognition model. The multi-note recognition system used in this study is similar to continuous model recognition. Music signal preprocessing is particularly important for the research on music emotion recognition. The music sample data with high degree of emotion recognition and low noise can be obtained through signal preprocessing, which is conducive to more accurate music feature parameter extraction. The main process of music signal preprocessing is as follows: music signal digitization: transforming music files into naked data files. Pre-weighted processing: the original signal is filtered through a filter whose transfer function is $H(Z)=1-\alpha Z-1$, to prevent the components with high frequency from decreasing and to increase the high-frequency resolution of music. Where α is the pre-stressing coefficient and $0.9<\alpha<1.0$. The spectrum comparison of the pre-aggravation of music signal is shown in figure 2. The amplitude of the signal in the high frequency part (frequency>800Hz) is improved to ensure that the information in the high frequency part is not lost.

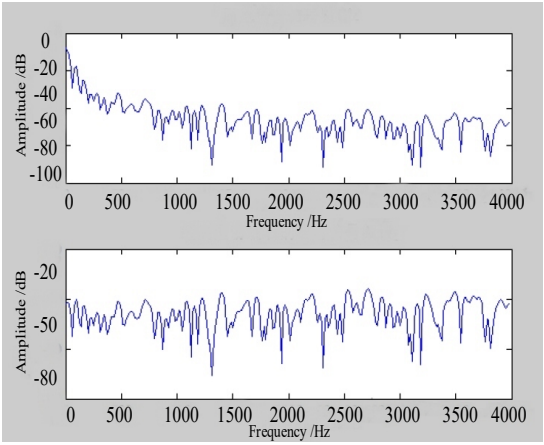


Figure 2 – Comparison of Music Signals Before and After Spectrum Pre-Emphasis

As a whole, the music signal is a non-equilibrium process. Music is constantly changing with the instantaneous change of time, and the relevant features of music signal will also change with time. In practice, music scientists use the short-term stability of music to divide music into infinite small fragments to extract relevant features, which is the framing technology. Music scientists consider music to be a balanced stable state for a very short time (10ms ~ 30ms), that is, its features are relatively stable. The short time characteristic of music signal can be obtained by frame - splitting technique. The framing technology of music signal is realized by moving a small window with limited length. Specifically, each frame signal is multiplied by the window function. This processing method can effectively solve the signal discontinuity at the starting point of the frame. There are two ways to add Windows: rectangular window and hamming window. The principle is shown in figure 3 and figure 4:

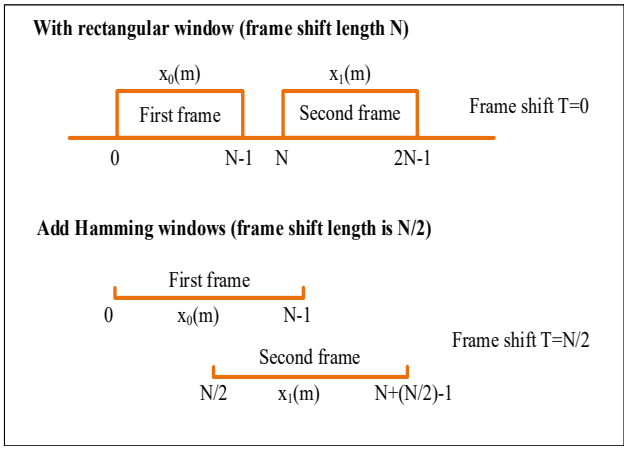


Figure 3 – Schematic Diagram of Rectangular Windows and Hamming Windows

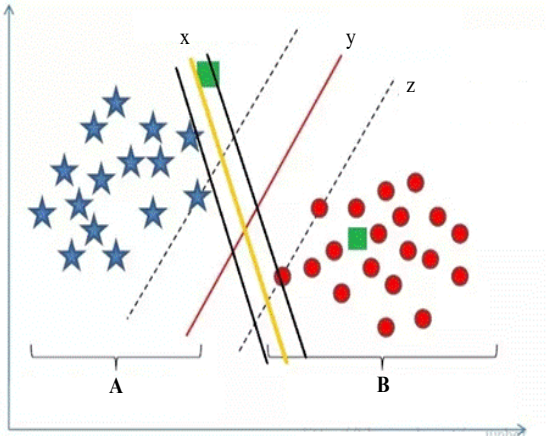


Figure 4 – SVM Vector Machine Classification Model

Where N is the window length and w(n) is the window sequence. In the extraction process of music feature parameters, different window functions should be selected according to the extraction requirements of the parameters. In the process of framing and window addition, it is necessary to determine the appropriate window length. The window length is too short, and the curve is not smooth enough. A large amount of useless information about the instantaneous change of music amplitude is retained. The interference of the noise will not reflect the variation of amplitude envelope. The window is too long, and individual detail changes are smoothed out to reflect music's time - varying characteristics. FIG. 5 shows the curve of short-term energy function under different window length, and the abscissa is the number of frames. Window length is N=50, N=256, N=400, N=800, frame shift N/2, respectively. It can be seen from the figure that the short-term energy function at N=50 is not smooth enough and the envelope change is too complex, and the change law is not obvious. However, the short-term energy function at N=400 and N=800 is too smooth to show many details. According to a large number of experiments and relevant calculations, and combined with the sample data, the selected window length is 256 sampling points.

Music emotion feature extraction process is as follows: music signal digitization; Pre-emphasis processing; Frame and window addition; Extracting feature parameters; MATLAB language is used to extract music feature parameters. MATLAB with powerful functions has obvious advantages in music signal processing, making music feature extraction simple and efficient. It not only provides function of audio-read() of basic music file, function of hamming window (), and rectangular function of rectwin(), function of pre-weighted filter() in music processing, but also supports the use of expansion toolkits such as voice-box for complex music feature calculation. Different features in the form of global feature statistics are combined to obtain static fusion features for music emotion recognition research. The unit of global statistics is the auditory independent statement. The process of feature extraction is shown in figure 6.

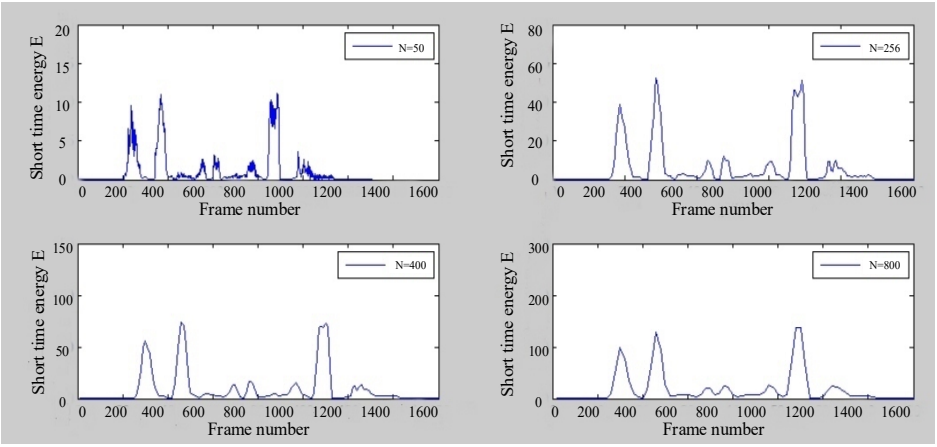


Figure 5 – Short Time Energy Function for Different Hamming Windows N

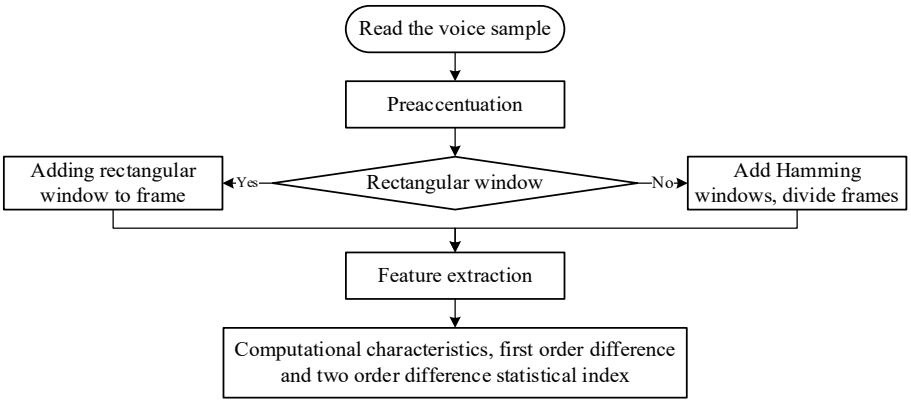


Figure 6 – Feature Extraction Process

The implementation process is as follows: the audioread() function reads the music file; The filter() function does pre-emphasis processing; the windowing method is determined according to the extracted characteristic parameters, window addition function is hamming(), and rectangular window addition is rectwin(). Music feature parameters were extracted according to the calculation formula of each feature. The characteristics and the related statistical indicators of first order difference and second order difference are calculated. The characteristic parameters extracted include: short-term energy, short-term zero-crossing rate, short-term average amplitude, resonance peak and pitch frequency. The statistical indicators include the maximum value, minimum value, mean value, average change rate and variance of each feature and of its first-order difference

and second-order difference. Finally, the statistical indicators of each feature are combined into a 1* 75-dimensional feature vector.

4. Result Analysis and Discussion

4.1. Feature Selection and Significance Test

The purpose of feature selection is to find out the feature combination which has high correlation with emotion expression, and to provide valuable reference for the design of music emotion classifier. In order to eliminate the influence of the differences of people's speaking habits on the feature selection experiment, the music data related to speaker's emotion is used as the object of selection and analysis to explore the relationship between each static feature and emotion. The SVM classifier accuracy is selected as the criterion value and the search strategy is used to select the features of the 75 static features.

The specific experimental process is as follows: SVM classification algorithm is adopted to calculate the training accuracy of each feature when used a LOO Cross-validation method. The features are arranged in the order of training accuracy from high to low; The training accuracy after the combination of the first and the dth features into the feature subset is calculated successively (d is the feature selection of the target dimension). The top five features of the recognition accuracy are, in order, the average change rate of short-term average amplitude, the mean value of short-term energy, the average change rate of short-term energy, the first-order difference minimum value of pitch frequency, and the mean value of pitch frequency. Figure 5 shows the variation of training accuracy of feature subsets from first 1 to 30 feature combinations by using SVM classifier. It can be seen from the figure that when the characteristic dimension increases from 1 to 12, the training accuracy increases obviously. However, when the characteristic dimension continues to increase, the classifier accuracy fluctuates and does not change significantly.

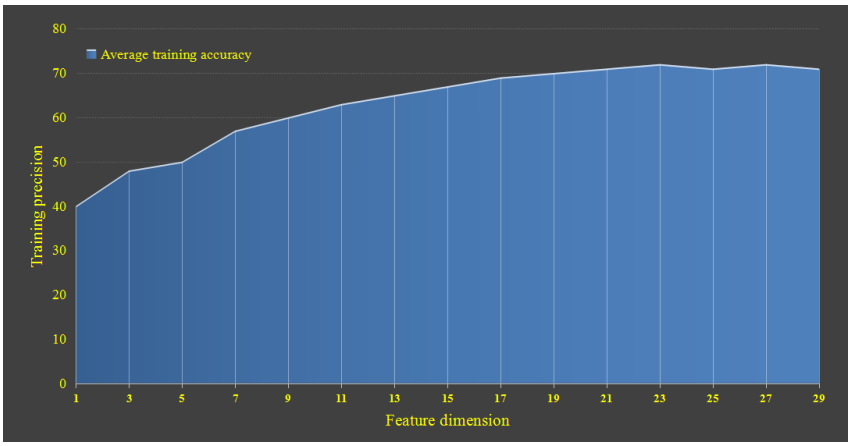


Figure 7 – Variation of SVM Training Accuracy With Characteristic Dimension

It can be seen from the above experiments that the statistical characteristics of short-term average amplitude, short-term energy and pitch frequency have a higher degree of correlation with emotion. Among the 75 static features, the average change rate of short time average amplitude, the mean value of short time energy, the average change rate of short time energy, the first-order difference minimum value of pitch frequency, the mean value of pitch frequency, the mean value of the first resonance peak, and other 12 features can achieve higher training accuracy while reducing the feature dimension.

4.2. Application of Algorithm

Compared with polynomial kernel function, RBF needs to determine fewer parameters. If the kernel has more parameters, the complexity of the function is unknown. In addition, compared with other kernel functions, RBF can reduce the difficulty of numerical calculation. As one of the most widely used kernel functions, RBF kernel function has only two parameters, namely error penalty parameter C and kernel parameter g. If C is a small value, it means that the complexity of the system is low, but the error rate of the system may be high. If the value of C is large, the classification system should have a high recognition rate, so the system is relatively complex. In order to make the support vector machine have the best adaptability and scalability, the optimal parameter array (C, g) is determined by combining k cross validation and grid search method. Select the radial basis kernel function (RBF) to map the sample data. It is a radially symmetric scalar function. The reason for selecting RBF kernel function is as follows: according to the multi-classification situation, the feature set is 12 dimensions, which does not conform to the simple linear separable situation. On the contrary, RBF kernel function can realize nonlinear mapping, that is, mapping 12-dimensional samples to higher-dimensional space, making sample data linearly separable.

The principle of K-fold cross-validation is to divide the original sample into K sub-samples with the same sample size, and then use K-1 sub-samples as training samples each time, and the remaining 1 sub-sample is used for prediction. Each individual sub-sample rotation is used as the prediction sample of the experiment, and K times of training are conducted. Finally, the results of each experiment are compared and the best single estimation is selected. K values are usually 5 and 10 (See figure 8).

The basic principle of grid search method is: set a search interval and change step length for the parameters to be optimized. The search interval represents the change range of each parameter selection, and the change step length represents the change increment when each parameter is optimized. According to the searching interval and variation step length, the parameters that fall in the corresponding region are all arranged in the algorithm, and the set covering all parameter combinations is obtained. Next, each set of parameters is used to carry out experiments, and finally an optimal set of parameters is obtained through comparison, that is, the final selected parameter combination.

The classification experiment of emotion two and emotion six are respectively carried on, inquiring into the differentiation ability of each kind of emotion and overall differentiation ability of six kinds of emotion. The experimental process is as follows: music processing and feature extraction: music files in the corpus are selected according to feature selection results, relevant feature parameters are extracted, and the statistical values of parameters are calculated and combined into a 12-dimensional feature vector

group, and finally the experimental sample data is obtained. Music sample data is trained and learned by using SVM classification algorithm. The training model of two classifications and six emotions is obtained. The emotional classification ability of the model is analyzed and examined. The data classification is shown in figure 9.

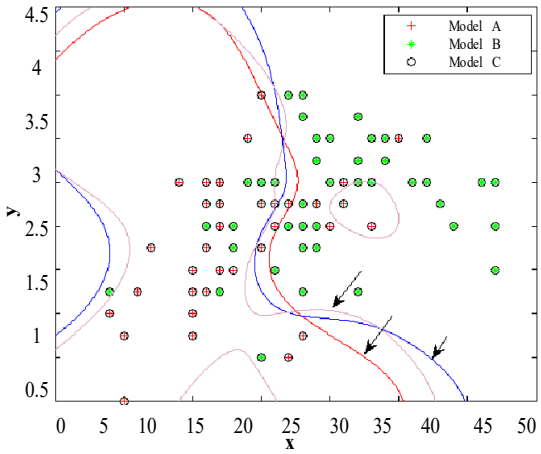


Figure 8 – K folding Cross Validation Principle

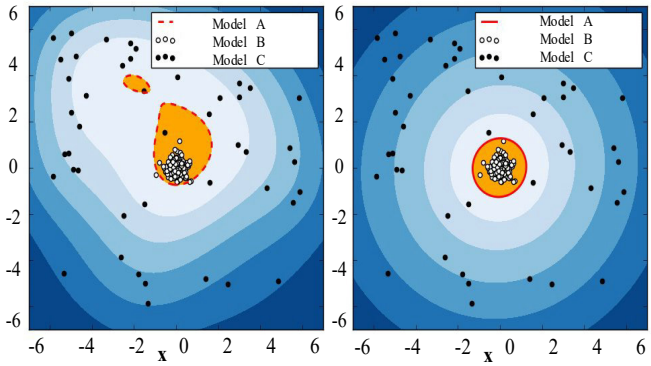


Figure 9 – Classification of Timbre

Figure 10 shows the cross-validation k value, the optimal c and g value and the corresponding training accuracy used in the training of the emotion bi-classification model. For training samples with different emotions, the k value and parameters (C, g) are different when the optimal training effect is obtained between samples. In the binary-class, the overall training accuracy is above 90%. Where the accuracy of Sad-Surprise training is 97.5% and the accuracy of Angry-Surprise training is 90%. It can be

seen that SVM has a better training effect on bi-classification than multi-classification (See figure 11).

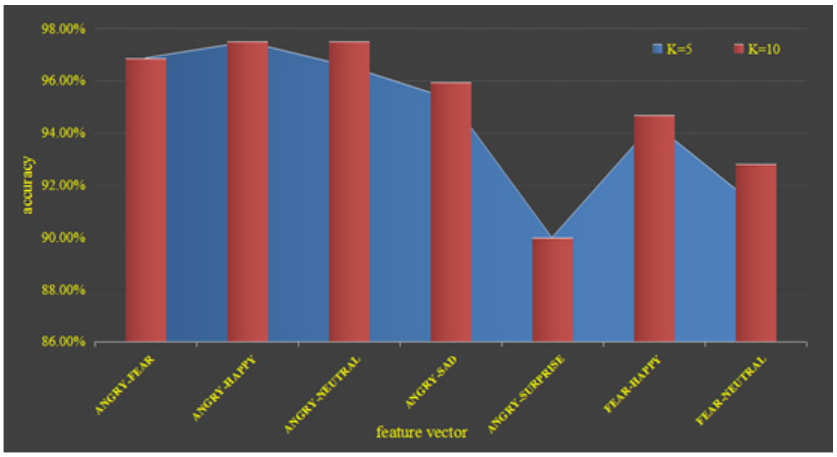


Figure 10 – Two Classified Training Results

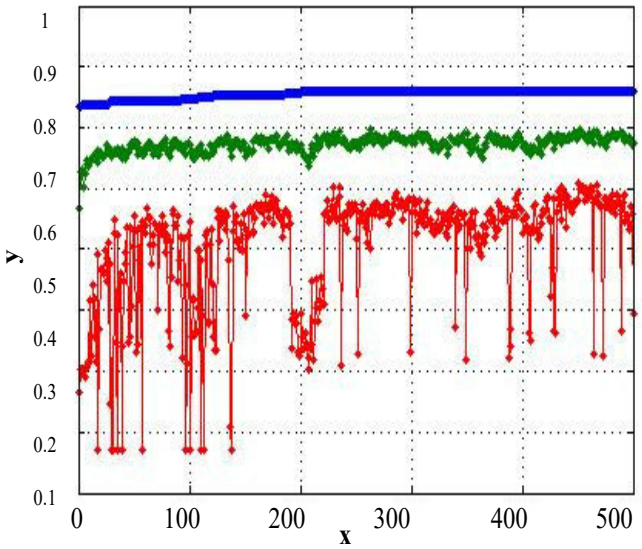


Figure 11 – Algorithm Operation

5. Conclusions

The construction of music emotion recognition model has been introduced from three aspects: music signal preprocessing, feature parameter extraction and selection, and emotion recognition classifier design based on SVM music. The short-term average

amplitude, energy, pitch frequency and other important music emotional characteristic parameters are extracted, and the statistical index combination is calculated to obtain 75-dimensional static statistical characteristics. Music emotion recognition system is the core of music emotion recognition model. The process of the construction of the music emotion recognition model mainly includes two parts of the music and emotion processing. Characteristics of 12 dimensions determined by feature are selected for music emotion recognition. The SVM classification method is used to construct two categories and six classification of music emotion recognition model. In the model of emotion recognition of two categories, Sad and Surprise are the most effective, but Angry and Surprise are the least effective. Compared with multi-classification, SVM has a better prediction effect for binary classification. The average prediction accuracy of binary classification is 78.41%. In the sixth classification, the model prediction accuracy is 70%. To sum up, the algorithm proposed is worthy of further promotion in practice.

References

Bahreini, K., Nadolski, R., Westera, W., (2016). Towards real-time speech emotion recognition for affective e-learning. Education & Information Technologies, 21(5), 1367-1386.

Belyk, M., Brown, S., (2016). Pitch underlies activation of the vocal system during affective vocalization. Social Cognitive & Affective Neuroscience, 11(7), 1078.

Cuadrado, A., Rusinek, G., (2016). Singing and Vocal Instruction in Primary Schools: An Analysis from Six Case Studies in Spain. British Journal of Music Education, 33(1), 101-115.

Degottex, G., Ardaillon, L., Roebel, A., (2016). Multi-Frame Amplitude Envelope Estimation for Modification of Singing Voice. IEEE/ACM Transactions on Audio Speech & Language Processing, 24(7), 1242-1254.

Elferen, I. V. (2016). Dark timbre: The aesthetics of tone color in Goth music. Popular Music, 37(1), 22-39.

Green, A. C., Johnston, I. N., Cef, C. (2017). Invited review: The evolution of cattle bioacoustics and application for advanced dairy systems. Animal, 12(6), 1-10.

Hou, L. (2017). Research on the model of aesthetic value selection in vocal music singing based on new media perspective. Revista De La Facultad De Ingenieria, 32(9), 335-340.

Kato, M., Yokoyama, C., Kawasaki, A., (2018). Individual identity and affective valence in marmoset calls: in vivo brain imaging with vocal sound playback. Animal Cognition, 21(3), 331-343.

Kim, M., Bae, M. J. (2016). Acoustic analysis on vocal voice of Lee Nan-Young, a legendary singer of Korea. Acoustical Society of America Journal, 140(4), 3426-3426.

Mokhsin, M. B., Rosli, N. B, Zambri, S., (2016). Automatic music emotion classification using artificial neural network based on vocal and instrumental sound timbres. Journal of Computer Science, 10(12), 2584-2592.

Pinheiro, A. P., Barros, C., Pedrosa, J. (2016). Salience in a social landscape: electrophysiological effects of task-irrelevant and infrequent vocal change. Social Cognitive & Affective Neuroscience, 11(1), 127.

Pongrácz, P. (2017). Modeling evolutionary changes in information transfer: Effects of domestication on the vocal communication of dogs (Canis familiaris). European Psychologist, 22(4), 219-232.

Schuller, B. W. (2016). Editorial: Transactions on Affective Computing – Changes and Continuance. IEEE Transactions on Affective Computing, 7(1), 1-2.

Young, K. S., Parsons, C. E., Lebeau, R. T., (2017). Sensing Emotion in Voices: Negativity Bias and Gender Differences in a Validation Study of the Oxford Vocal ('OxVoc') Sounds Database. Psychological Assessment, 29(8), 967-977.

Zhang, W., Chen, Z., Yin, F., (2018). Melody Extraction From Polyphonic Music Using Particle Filter and Dynamic Programming. IEEE/ACM Transactions on Audio Speech & Language Processing, 26(9), 1620-1632.

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

Recebido/Submission: 01/10/2022
Aceitação/Acceptance: 03/12/2022

Real-Time Music Graphics Generation and Display Technology in Virtual Reality Based on Music Digital Image Processing

Shi Jiao

szhz0811805@163.com

Guang Dong Engineering Polytechnic, 510520, Guangzhou, Guangdong, China

Pages: 465-474

Abstract: The visualization of music information has always been one of the subjects that people have been studying. Now, music can be expressed in a more rational and accurate way, such as audio. For today's graphic design, the visualization of music information is mainly synaesthesia. Realistic virtual graphics rendering is an important content in the course of computer graphics. The explanation of simple theoretical knowledge and simple experimental design are difficult for students to fully master the realistic graphics rendering technology. The discussion of music virtualization graphics in this paper is a further exploration based on previous research results. This article will take the rational analysis of music graphics as the direction, and try to explain the rationality of the formation of music visualization. It also focuses on the visualization of modern music and analyzes the similarities and differences between it and the classical music in the paradigm. Try to get the internal rational connection between music and graphics from music information. It also explores how music is visualized by combining visual forms of expression, and then explores the universal law of people's aesthetic appreciation, and finally obtains innovative virtual graphic language.

Keywords: Efficient Image Generation; Artistic Images; Real-Time Music Graphics Generation

1. Introduction

Music virtual visualization is a diversified artistic expression form of "audio-visual combination" with vision as the core, music as the carrier and various technical means. With the help of virtual graphics, music is conducive to the second understanding and understanding of the connotation of music works, and expands the visual experience

and extends the new sense of hearing. In the era of virtual graphics, the general trend of visualization has brought about the arrival of the transition from music to graphics. It can be predicted in the future that music visualization will be one of the important means for people to pursue perfect audio-visual experience. The development of music virtual visualization will also be improved. Immersive artistic experience will be the main direction of its development, and dynamic three-dimensional and even touchable "music" will come. The traditional image generation model can no longer meet the needs of our current people. Especially for the teaching of some art courses, many students are not necessarily students, and it is also possible for some social personnel to study for artistic interests (Aiping et al., 2016). Therefore, the traditional classroom model could not meet our requirements. Therefore, we combined the Web server cluster load balancing algorithm to calculate and established an efficient image generation system to facilitate people's learning and using (Begum & Rajesh, 2016). Although the use of computer algorithms in image generation systems is not the first time, the algorithm used in this paper was used for the first time in image generation systems. We need to carefully analyze and study before we can use it (Mcgowan et al., 2021).

This paper was an image generation system that was calculated by computer algorithms. Therefore, the combination of algorithm and image generation system was the focus of our research. Therefore, we first analyzed the calculation process and calculation steps of the Web server cluster load balancing algorithm (Loveridge, 2020). In addition, the computational form of the algorithm was analyzed to find the combination of the algorithm and the efficient generation of the image studied in this paper and used in combination. Then we established the mathematical model of the algorithm and optimized the calculation model of the algorithm according to our requirements. In the end, we will also test the computational stability of the algorithm. Prove the computational power of the algorithm and the analysis of the calculation feasibility. Through our research in this paper, an efficient image generation model based on web server cluster load balancing algorithm was established, which facilitated the efficient generation of learning for images (Enokido et al., 2017).

2. Related Work

In the field of visual communication of virtual graphics, music has always been one of the inspiration sources of designers' graphic design. Many graphic designs are inspired by music in terms of visual composition. Dutch "style" painter Mondrian's "Jazz on Broadway" uses "purely abstract" geometric figures as the basic elements. Russian artist Vasili Kandinsky shows the rational beauty of music. Many of his paintings are related to music. He believes that music and graphics have virtual similarity internally. "Composition" was made after he enjoyed the symphony. All abstract elements in the work are rhythmic life. Interleaved together, it forms the free and unrestrained symphonic melody in the author's heart. What's more, Kandinsky not only enriched music art in painting. At the same time, the theory of visual art is also used to enrich the expression of music. The stage play "Yellow Voice" created by him brings together all the elements of vision, hearing and drama performance. Reach a new level of audio-visual. Thein Studio, a new European design group, understands graphics as music. In their works, we can deeply feel the influence of music on their picture composition. The

poster “Format 5” made for the music festival uses Morse code to translate jazz into visual symbols, which has a strong sense of modernity.

Web server cluster load balancing algorithm is a relatively new type of computer algorithm. The initial research began in the United States at the beginning of this century. The calculation of this algorithm requires the design and analysis of multiple servers and analysis of the information transmitted by the server. Summarizes and then performs a computer algorithm for equilibrium calculation (Kalaiselvi et al., 2016). The United States has now begun to apply the actual algorithm to the study of this algorithm. In the military, music image generation and other fields were extremely extensive. And gradually showed the ability to calculate the load of Web server cluster load balancing algorithm, helping us solve many practical problems in computing (Kaliappan et al., 2016). Now foreign scholars have begun to use Web server cluster load balancing algorithm applied to the music image generation system for research.

After this algorithm was introduced, many domestic scholars discovered the computing advantages of Web server cluster load balancing algorithms. At present, the research on the calculation of this algorithm in China is still stable in the theoretical calculation stage, and it is rarely involved in practical applications (Rajesh et al., 2017). However, through our research, it has been found that Web server cluster load balancing algorithm can perform calculation and analysis in many fields, and it showed a strong computing capability (Sisodia et al., 2017). The theoretical basis of the Web server cluster load balancing algorithm has been very solid, and many scholars have begun to apply it to the actual project, but there is no substantive result.

3. Methodology

3.1. Research on Web Server Cluster Load Balancing Algorithm

Before carrying out computational research on Web server cluster load balancing algorithms, we need to analyze the computational theory and computational form of the algorithm. First, we need to know what the algorithm’s computing power is. For a Web server cluster load balancing algorithm, it’s necessary for us to understand what transaction is most appropriate when calculating. Only when we understand the computational power of the algorithm, we will not be bothered with the actual application of the algorithm, and even lead to the use of the algorithm in an unreasonable place, so that the computational power of the algorithm was difficult to exert. Through our research, we found that the calculation of the algorithm was actually a kind of service capability in the server. We collected and calculated the information in the server and then made reasonable feedback. In addition, the ability to coordinate these servers and the information is also the content of the Web server cluster load balancing algorithm. Each server has a certain amount of capacity. Not letting the server crash is our main calculation content.

A cluster is actually a cluster of computers. We use a very fast network to connect to each other, and we also need to manage these computers together. The cluster system can be divided into several categories according to its function and purpose. Each type of cluster system has certain special functions. We can choose the appropriate cluster

system to use according to our requirements. We here study four cluster systems. The first is the high availability cluster. The biggest feature of this cluster is that if a node fails or fails, we can replace it with other nodes and maintain it without shutting down the cluster. This cluster has a high degree of usability. Another very important cluster system is the network computing cluster. The biggest feature of this cluster is that the work of each node does not affect each other, each node can work independently, and the work content and work steps between each node cannot be synchronized. Each node also does not need to share data. The cluster used in this article was such a cluster of network computers.

In order to build a visual structural model, a large amount of information should be sorted out hierarchically. In the division of information, we can use the relationship between information. The information data in different dimensions such as degree are classified to form hierarchical relationship. In graphic processing, we can use different graphics, colors, positions, sizes and other differences to form visual symbols according to different levels. But at the same time, it is also necessary to ensure the level of music information of relevance between graphics in the visualization system. Because this paper calculated the music image efficient music image generation system, for music image generation, teaching according to aptitude was the most appropriate music image generation mode. The use of such a network of computer clusters for computing can enable us to study each student according to its own learning progress, thereby improving the music image generation effect. At the same time it also reflected our humanized design. After the selection of the cluster was completed, we can calculate and study the mathematical model of the computer algorithm used in this paper.

In the Web cluster system, there are M servers in the cluster server list, N represents R(i), 1≤i≤N; by looking up the SMT list, each request is given a specific value w[i], 1≤ i ≤ N; then the server j's request load is as in formula (1):

$$Load[j] = \sum_{i=1}^{N} R(i)[j] * w[i] \tag{1}$$

R (i) is the request of R (i) to connect to server j. The request load of server j is formula (2):

$$Load[j] = \sum_{i=1}^{N} R(i)[j] * w[i] + w[k] \tag{2}$$

The server j has processed the request R(i), and the server j's request load is formula (3):

$$Load[j] = Load[j] - w(i) \tag{3}$$

Here is a description of the load balancing decision method: read the contents of each row in the cluster server table and write an array of records, and each record of the array represents all the information of a server. Take the first normal working server information in the array (assumed as server M) as a benchmark, and weight compare the

information of other normal servers (assumed as server i) with the information of the reference server as in equation (4):

$$ratio = \alpha \times \frac{\lambda 1_i \times C_i}{\lambda l_M \times C_M} + \beta \times \frac{\lambda 2_i \times C_i}{\lambda 2_M \times C_M} + \gamma \times \frac{N_i}{N_M} + \theta \frac{R_i}{R_M} \tag{4}$$

If the forwarding probability is P, the forwarding probability P is as follows:

$$P_i = \frac{X_i}{\sum_{i=1}^{k} X_i} \tag{5}$$

Where X is:

$$X_i = \frac{\left(\sum_{j=1}^{m} L_j - L_i\right)}{\sum_{j=1}^{m} L_j} \tag{6}$$

In this way, we have completed the computational steps and mathematical model of the algorithm. In the following, we will begin to build our computer model according to our mathematical model above. The final computational analysis was performed using a computer model. Figure 1 below is a schematic diagram of the computer computing model we have established.

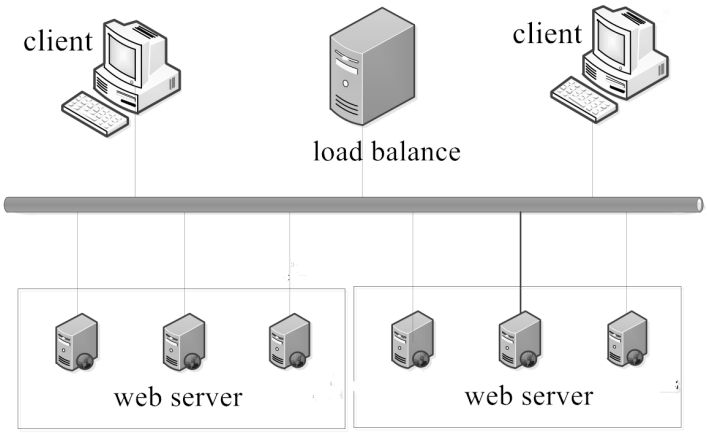


Figure 1 – Computer Calculation Model of Web Server Cluster Load Balancing Algorithm

3.2. Realization of Music Image Generated Music Image Generation System Based on Web Server Cluster Load Balancing Algorithm

In the above section, we introduced the calculation steps of the algorithm and the calculation process of the algorithm in detail, and established a mathematical calculation model and a computer calculation model. In the following, we need to start to build a

music image based on the Web server cluster load balancing algorithm to efficiently generate music images.

This chapter introduced a load balancing system implemented in Linux virtual server cluster. The topology of the cluster system is shown in Figure 2. The web cluster system consists of main load balancer and backup load balancer, and some real servers in the background, and several real servers in the background. The load balancing system application implemented in this paper will be deployed as a daemon in the cluster system. It was a centralized dynamic load balancing scheduling scheme. When all user requests reached the front-end load balancer, they were first added to the thread pool task queue of the load balancer, and then the task request was forwarded based on the task scheduling policy on the load balancer. After successfully establishing a connection with the target server, the target server forwards the contents of the request directly to the requesting user without having to pass through the load balancer again, thereby avoiding burdening the load balancer with excessive traffic. This greatly reduced the computing pressure of the server farm, which increased the computing power and made the system more effective.

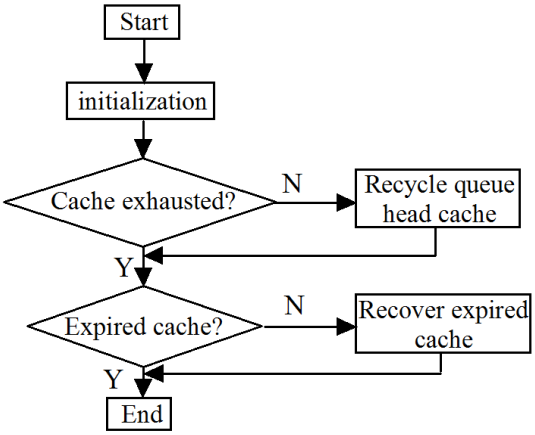


Figure 2 – Topology of a Cluster System

The load balancing system is functionally divided into four major modules, which we introduce separately. Task Receiving Module: This module was deployed on the load balancer and mainly completed the task request receiving work. All user requests were added to the thread pool task queue on the load balancer. Load query module: This module was deployed on the real server to complete the workload information collection. Load evaluation module: This module was also deployed on a real server. Based on the load information collected by the load query module, the load weight calculation and load status determination were mainly performed. Task scheduling module: This module was deployed on the load balancer and mainly completes the selection of target servers and the maintenance of server groups. Under normal

circumstances, the music image generation system generally suffers from server crashes caused by a large number of visitors or long reaction time of the server. However, this paper can avoid this problem by using the load balancing algorithm of Web server cluster. Web server cluster load balancing algorithm will automatically adjust the server's work, so that when many people are online at the same time, it will not lead to the failure of the calculation. How to build a server cluster still required us to seriously study, because preventing the server from crashing does not necessarily rely on the algorithm to adjust, we make human adjustments is also very important. Through our design, we found that the delivery of information does not necessarily all go through the server. We will not need to go through the server's information to calculate the load balancing algorithm of the Web server cluster, and not to make it into the server, thus reducing the pressure on the server. This relieves the pressure on the server and improves the computing power. In this way, we have established a music image-efficient music image generation system based on the Web server cluster load balancing algorithm. Below we can test the algorithm according to our system.

4. Result Analysis and Discussion

In the above section, we not only introduced the computational form of Web server cluster load balancing algorithm, but also established the mathematical model of the algorithm and built a computer computing model. However, we also need to test the computational power of the algorithm so that we can use the music image generation system we design. We can also find some design errors and calculation problems that we could not find during the design process. Below we began our computational testing process.

The test of this paper was using siege stress test software, which was powerful and can perform various forms of simulation. It can satisfy the requirements of this paper. The test of this paper mainly focused on three aspects: throughput, response time, and response accuracy.

The test environment for this algorithm test is shown in Table 1 below.

	Load scheduler	**Backend server**	**Client computer**
CPU frequency	3.4GHz	3.4GHZ	2.4GHZIGB
Memory capacity	2GB	2GB	XP
OS	Linux	Linux	no
web server	LVS	LVS	

Table 1 – The hardware and software environment of the experimental platform

Using the test environment in the above table, we can test and test. To prove the good practicability of the algorithm, we used the form of a control experiment. The test results were shown in Table 2 below.

Algorithm	Validity	Test time	The amount of data	Response time	Throughput	shortest time
RR	Yes	98s	24M	12s	1.2M/s	0.1s
pikc-KX	Yes	78s	24M	34s	1.2M/s	0.1s
LARD-R	Yes	88s	24M	25s	1.3M/s	0.1s
LBS	Yes	68s	24M	12s	1.1M/s	0.1s
Optimized algorithm	Yes	34s	24M	6s	1.9M/s	0.01s

Table 2 – Comparison of five algorithm test results

From the comparative data in Table 2 above, we can clearly see how obvious the computational advantages of the Web server cluster load balancing algorithm after our optimization were. We tested the five algorithms. We can see that the calculations for each group are valid. For the case that the data transmission volume was 24M, the total test time of the five algorithms was quite different. The test time of the Web server cluster load balancing algorithm used in this paper was only 34 seconds. However, the testing time of other algorithms was more than 68 seconds, and the maximum was 98 seconds. It seemed that the test time of this paper was the shortest. Through our choice and optimization of the algorithm, we can see that in the use of this paper, the calculation efficiency of the algorithm in this paper is the highest. In addition to analyzing the corresponding time, we can see that the corresponding time of the algorithm used in this paper is 6 seconds. The computational response times of other algorithms were quite different, the smallest was 12 seconds, which was twice the corresponding time in this paper. The biggest was pikc-KX, the response time reached 34 seconds, was about 6 times the corresponding time of the algorithm of this paper. It can be seen from this that

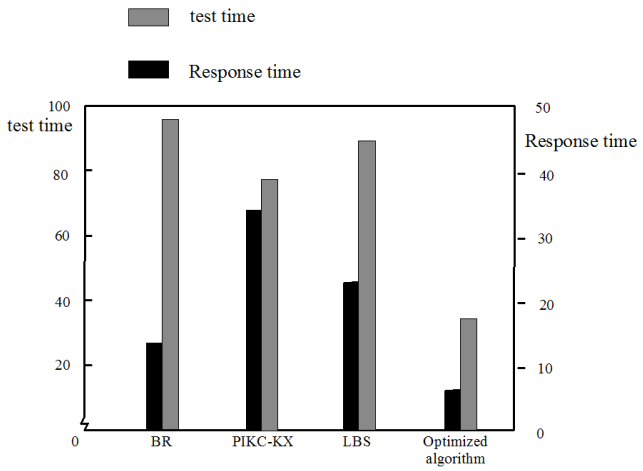


Figure 3 – The Calculation Time Difference of the Five Algorithms

the algorithm we choose was far superior to other algorithms in terms of computation time, and the advantage in the corresponding time was also very large. We can conclude that the optimized web server cluster load balancing algorithm used in this paper has the highest computational efficiency and higher comfort. For this reason, using the following figure 3 to analyze the time difference, we can draw conclusions more intuitively.

In addition, we have also tested the throughput in the case of determining the amount of data transmission. We divided the number of computing nodes into five in the form of 10M, 15M, 20M, 25M, and 30M. Now we begin to test the throughput of these five nodes, as shown in Figure 4.

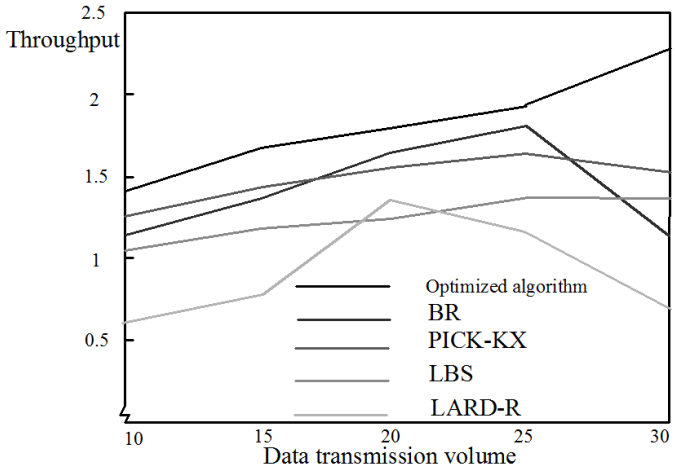


Figure 4 – Throughput Test Results

From the data in the figure above, we can see that the optimized algorithm had the largest computational throughput and guaranteed the accuracy of calculations. With the increase of data transmission volume, the throughput of the optimized algorithm in this paper was also increasing. Increasingly, we can see from the above figure that the algorithm used in this paper can be quickly calculated in the context of 30M data transmission volume, and can guarantee the accuracy of calculation. When the calculation of the other four algorithms was at 30M, The phenomenon of computational delay began to appear, affecting the user's use. From this we can see that the use of web server cluster load balancing algorithm in the efficient generation of music images can meet our requirements, and the use of good results.

5. Conclusions

Through demonstration, the transformation from music information to virtual visual graphics is feasible. From polyphonic music, we can find its unique isomorphic structure pattern. It comes from nature. At the same time, this structure also exists in music art. We can intuitively obtain the graphic paradigm of music symbolization. These music

images with visual significance are either abstract geometric elements or graphical signals generated from the spectrum. It breaks the traditional perception and makes the expression of music graphics more microscopic and free. From auditory language to visual language, reason and sensibility are intertwined. The visualization of life music information has transformed our designers' habitual perceptual thinking and put rational conscious thinking into it. For designers, information visualization is not only the research of graphic creativity. It also provides us with another way of thinking and scientific means of rational construction in the process of information visualization.

Acknowledgements

The study was supported by the Innovation Team Project of Colleges and Universities in Guangdong Province (Humanities and Social Sciences): Research results of New Retail Brand Innovation Team (2022WCXTD028).

References

Aiping, X. U., Di, W. U., Wuping, X. U., (2016). Real-time multitask load balance algorithm for heterogeneous cloud computing platforms. *Journal of University of Science & Technology of China*, 46(3), 215-221.

Begum, S. S. F., Rajesh, A. (2016). Modified load-balanced clustering algorithm with distributed self-organization for wireless sensor networks. *International Journal of Pharmacy & Technology*, 8(4), 23349-23356.

Enokido, T., Doulikun, D., Takizawa, M. (2017). An energy-aware load balancing algorithm to perform computation type application processes in a cluster of servers. *International Journal of Web & Grid Services,* 13(2), 145.

Kalaiselvi, T., Murugan, T. S. (2016). An Improved Load Balanced Distributed Weightbased Energy-efficient Clustering Hierarchy Routing Protocol for Military Application in MANET. *Indian Journal of Science & Technology,* 9(32).

Loveridge, B., (2020). Networked music performance in virtual reality: current perspective. *Journal of Network Music and Arts*, 2(1), 2.

Mcgowan, J. J., McGregor, I., Leplatre, G., (2021). Evaluation of the use of real-time 3D graphics to augment therapeutic music sessions for young people on the autism spectrum. *ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS)*, 14(1), 1-41.

Rajesh, M. V., Gireendranath, T. V. S., Murthy, J. V. R. (2017). A novel energy efficient cluster based routing protocol for highly dense MANET architecture. *International Journal of Computational Intelligence Research*, 13(5), 719-744.

Sisodia, D. S., Verma, S., Vyas, O. P. (2017). A subtractive relational fuzzy c-medoids clustering approach to cluster web user sessions from web server logs. International Journal of Applied Engineering Research, 12(7), 1142-1150.

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

Recebido/Submission: 07/10/2022
Aceitação/Acceptance: 09/12/2022

The Application of Corpus Linguistics under the Computer-Assisted Instruction Model in College English Teaching

Yan Jiang[1,2]

nxscghz8677@163.com

[1] Lyceum of the Philippines University, Manila, 1002, Philippines

[2] Chongqing University of Education, Chongqing, 400065, China

Pages: 475-484

Abstract: With the development of the Internet and computer technology, auxiliary teaching has been applied more and more in English teaching. On this basis, English teaching based on computer corpus is studied. This paper starts with the Computer-Assisted Instruction (CAI) model, reviews the historical evolution of CAI, and illustrates the specific application of CAI model in corpus linguistics in foreign language teaching with examples. These applications mainly include word consistency retrieval, auxiliary tests and score calculation, Chinese Language Education Center and multi-directional statistics of foreign language corpus texts, etc. This paper proposes the application trend and development of modern educational technology in foreign language teaching. Through the test of the algorithm, the range of difference between the test data and the actual data is acceptable. The algorithm designed in this paper is effective and can be further promoted in English teaching.

Keywords: Corpus; Auxiliary Teaching; English Teaching; Diagnostic Algorithm

1. Introduction

Based on the numerous models of computer-assisted instruction, computer-assisted instruction is decomposed into two dimensions of different educational and cultural differences: individualism-collectivism and objectivism-constructivism. It can be further classified into four types of computer-assisted instruction. Namely, objectivism-individualism, constructivism-individualism, constructivism collectivism and objectivism-collectivism. Its specific models include drills and exercises, individual guidance, teaching tests, resource-based learning, DDL CSCI, CST, V C and other

computer-assisted teaching. Among them, practice and practice are the most commonly used modes of multimedia teaching, which are used to realize the function of students' practice stage in the teaching process. For example, the common learning software in foreign language learning (new concept English, travel around the United States, etc.) is the combination of practice and practice. The main advantage is that relevant information can be fed back in time. Use multimedia to effectively stimulate students' enthusiasm for learning: students' achievements can be saved in time. Respective guidance is that the computer plays the role of a lecturer, with the purpose of imparting new foreign language knowledge or skills to students. At present, the computer assisted English teaching system in China is still in its primary stage and is developing slowly, which can't meet the needs of English Teaching in primary and secondary schools. Although with the development and popularization of information technology and penetration into all fields of social life, the status quo of English teaching is still the traditional teaching model of blackboard + chalk, textbooks and data, the so-called e-learning is just listening to the recording; at the same time, because the teacher has limited energy, which can't read all the homework, examinations also lack effective tools to analyze and deal with students' papers. Therefore, the problem of students can only be qualitatively analyzed and can't be quantitatively analyzed, so that there is a serious "big pot" phenomenon in teaching, students' learning efficiency is not high; on the other hand, there are serious cases of waste of computer resources in many schools. Because the vast majority of schools have very low utilization of computer rooms, they are only used to open information classes and make some multimedia teaching, which can't really make well use of this resource Informational teaching aids (Fan, 2017). Based on this, in this paper, computer-assisted English teaching based on computer corpus is studied.

2. Related Work

The domestic research on English learning assessment based on English corpus started late. Both the test software based on the client and the Internet English education examination and assessment system based on the Internet are based on the standardized test. Although some computer-aided learning systems claim to be intelligent, they are in fact only analytical applications based on some basic data statistics, which are far from the real intelligence, and it can also be said that it does not have the characteristics of intelligence (Furuta, 2017). For example, the Neusoft Kaisi International Vocational English Computer Evaluation System drawn on the years of development experience of Japan wonwin agency Education Group, and developed a computer adaptive test evaluation system based on the principle of IRT. However, the market has a poor response, and there is a limited range of adaptation and the tendency to be unsuitable (Gilakjani & Sabouri, 2017). The representativeness is the result of Liang Maocheng's automatic score in Chinese students' English composition (He, 2016). The basic idea is derived from E-rater. The modeling method takes into account the strengths of PEG and IEA. A large number of shallow text features are extracted from the training set. The content score of the essay is taken as the independent variable and the artificial score as the dependent variable for multiple regression calculation, and the regression equation is obtained (Khan, 2016). Then the relevant eigenvalues of the composition to be evaluated are extracted and substituted into the regression equation to get the composition score (Lee et al., 2015). Although the study has a high accuracy rate of the

grading, the sample size is narrow and the quantity is small, the feature of extraction is mainly the shallow features of the text, which fail to involve the deep structure of the article, and the results need to be further verified and strengthened (Li, 2017). The latest system has been developed and the results are worth looking forward to

3. Methodology

3.1. The Design and Construction of Corpus

The assessment of the true level of the students' English is not only through the icy numbers, but also more humane things, which is the grammar point and vocabulary in the syllabus (Wang et al., 2017). Therefore, the basic words of the outline and its deformable are imported through a specific program, as shown in Table 1.

Word	Part of speech	Suffix	third person singular	Ing form	Past	Past participle	Plural nouns	The superlative degree of comparison	Other forms
name	n.						names		
is	v.				was				isn't
clock	n.						clocks		
nice	adj.	nicely						nicer;nicest	
to	prep.								
meet	v.		meets	meeting	met	met			

Table 1 – Vocabulary of English and its Modification

According to the actual situation of the figure above, the database design of the vocabulary can be defined as shown in figure1, so that the design can obtain all deformable collections of the vocabulary by any word.

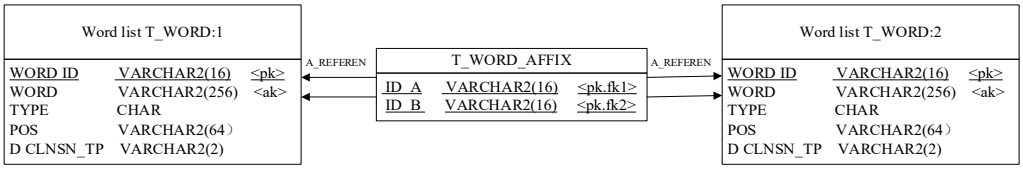


Figure 1 – Vocabulary database table design

For the knowledge point corpus, the English knowledge point system divides the English knowledge points into five major parts, namely, voice knowledge, vocabulary knowledge, grammar knowledge, communication ability and cognitive ability. Each plate is subdivided into one to three levels below, thus forming a four-level knowledge point hierarchy. In addition, each section of language used in English learning and testing also uses a way to prompt the topics covered by its content, which are also called topics and

also part of the knowledge system. Each level of knowledge points is layered coding. The basic rule is that the five parts are written in letters: L-voice knowledge, V-vocabulary knowledge, G-grammar knowledge, C-communication ability, U-cognitive ability and T-theme. The next level is represented by two digits at each level, with a maximum of 6 digits of three levels. For example, G01 represents the next level of nouns in grammar knowledge, and G0101 represents the function of nouns in the lower level of the nouns of grammatical knowledge, G010101represents that the function of nouns in the noun of grammatical knowledge is the subject of nouns at the next level. According to the above requirements, the database can be designed.

If the existing knowledge point has no parent knowledge point, its corresponding p_ken_id is null value. If it is not, then it corresponds to the ID of the parent knowledge point. Although the knowledge points reflect the one-dimensional data model in the database, after the association of the parent knowledge point, the multi-dimensional tree structure can finally be displayed. For example, Table 2 below is an example of a subjunctive.

Knowledge point ID	Parent ID	Code	Name	Series
1	NULL	G	Grammar	1
516	1	G13	Subjunctive	2
517	516	G1301	The meaning and characteristics of subjunctive mood	3
518	517	G130101	The meaning of subjunctive mood	4
519	517	G130102	The subjunctive expresses requests, suggestions, and commands	4
520	516	G1302	The formation of subjunctive mood contrary to the present reality	3
521	516	G1303	The formation of subjunctive mood contrary to the past	3

Table 2 – Example of Structure of Knowledge Points

3.2. Implementation of Diagnostic Algorithm

The diagnosis algorithm needs to be designed. The first step is to initialize the rule engine. The rule engine has two ways of reasoning, namely, the forward chain method and the reverse chain method, which correspond to the two modes of thinking of human deduction and induction. The core algorithms are based on Rete's algorithm. Rete algorithm is an efficient algorithm currently used in production systems. At the same time, Rete algorithm is the only one decision support algorithm whose efficiency is not related to the number of execution rules, so it is more suitable for the corpus constructed

in this paper. Based on this principle, Drools uses an open source project implemented in the Java language, and rule engine reasoning steps are shown in Figure 2.

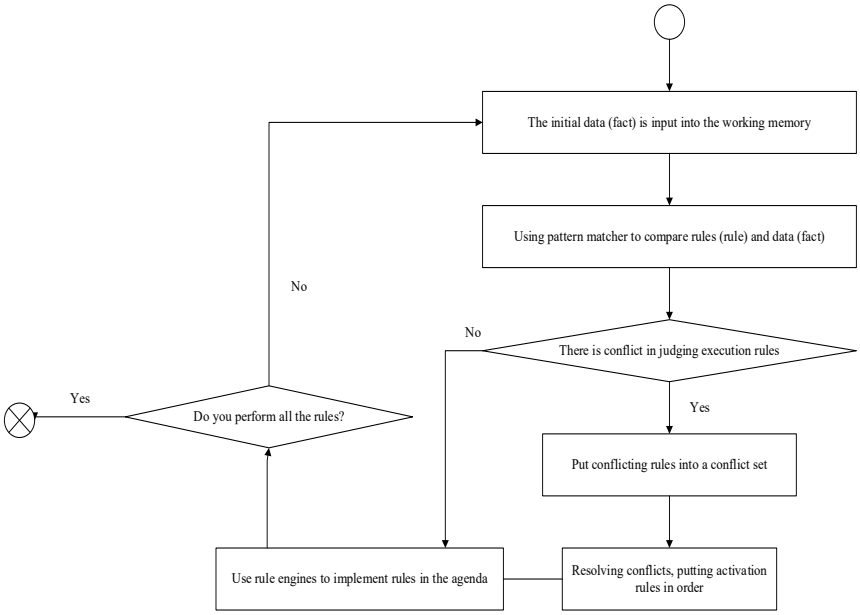


Figure 2 – Drools Schematic Diagram

As shown in the figure, Drools encapsulates the Rete algorithm and adds a series of peripheral module extension functions to support more rules processing methods to meet the complex logic of the actual development, and uses seven kinds of conflict processing strategy to deal with conflicts. The first is the priority strategy. Each rule defines an integer priority. The rules with higher priority are executed first. If the priority is equal, it is passed to other conflict strategies as a subset of conflict rules. The second is complexity priority strategy, and it can be used to determine the complexity of rules, the more the condition of a rule, the higher the complexity, the higher the priority of the execution. The third is the simply priority strategy, contrary to the complexity priority strategy, this strategy preceded the rules with the least condition and the lowest complexity. The fourth is the breadth strategy, the strategy solves the conflict based on the order of the rule entry agenda, and the rules in the end to the agenda are given priority. The fifth is the depth strategy, this strategy is contrary to the breadth strategy, and the earliest rules to join the agenda are given priority. The sixth is the loading number strategy. When joining a rule set, each rule has a unique load sequence number. According to the loading number, the remaining unresolved subset of the rule is processed after the main strategy is processed. The seventh is random strategy, the simplest strategy. The rules are randomly added to the agenda and executed sequentially, which applies to rules that are not sensitive to order. After a basic understanding of the principle of Drools, it can be used to initialize the rules.

Followed by the key part, that is, the calculation of sentence similarity, text similarity is widely used. By setting the threshold, the rules are filtered, and the regular matching is carried out according to the composition rules in the corpus, which can accurately diagnose the language ability such as collocation of words, structure of lexical, wording and phrasing, grasp essentials, planning layout and rhetorical styles. Therefore, in the diagnosis of English essay questions, it is very important to calculate the relevance of the sentences. Seniors' discussions also refer to the relevance of sentences as sentence similarity and give a definition: the number between [0,1] is used to indicate the semantic match between two sentences, the larger the value, the more similar the two sentences are. When the value is 1, it indicates that the two sentences are semantically identical; the smaller the value, the lower the similarity between the two sentences. When the value is 0, the two sentences are completely different in semantics. Although this definition is not accurate, it is easy to understand. In this article, textual relevance is synonymous with similarity. In natural language processing, the correlation between two texts or sentences is judged by the TF-IDF method.

TF/IDF: an important concept in information theory is "relative entropy", which is also known as "cross-entropy". It is used to measure whether two positive functions are similar, for two identical functions, their relative entropy is equal to zero. Relative entropy is often used in natural language processing to measure whether two commonly used words are syntactically or semantically synonymous or whether the two articles are similar in content. By using relative entropy, one of the most important concepts in information retrieval can be obtained: TF/IDF values.

TF is the number of occurrences of keywords in the sentence, which is normalized, that is, the number of keywords divided by the total number of words in the sentence, which is also known as "single text vocabulary frequency." For example, if "look after", "my" and "uncle" appear twice, 35 times and 5 times respectively in a text with a total of 1000 words, their frequency will be 0.002, 0.035 and 0.005 respectively. The three numbers are summed and their sum of 0.042 is a simple measure of the relevance of the corresponding text and the sentence "look after my uncle." The abstract representation is that if a query contains the keywords w1, w2, ..., wn, their word frequencies in a particular text are: TF1, TF2, ..., TFn, respectively. The relevance of the query and the text is:

$$\sum_{i=1}^{n} F_i \tag{1}$$

IDF: assuming that a keyword w has appeared in Dw sentences, the larger the Dw, the smaller the weight of w, and vice versa. Assuming that D is the total number of sentences, the most commonly used weight is "inverse text frequency index", its formula is:

$$\log \frac{D}{D_w} \tag{2}$$

In the above example, the word "my" accounted for more than 80% of the total word frequency, and it made little sense in determining the substance of the text, calling it "Stop words," that is, their frequency should not be considered when measuring

correlation. The words "the", "a", "an", "en" and others should be deleted, which can be compared with the Chinese "de, a, ma" and other words. After ignoring these words, the similarity of the above text becomes 0.007, of which "look after" contributes 0.002 and "uncle" contributes 0.005. For an examiner, the two words of "look after" and "uncle" have different degrees of importance. Therefore, each word needs to be given a weight. The weight must be set to meet the following two conditions: the stronger the ability of a word to embody the theme, the bigger the weight, and vice versa, the smaller the weight should be. The weight of words that should be deleted should be zero. Assuming that IDF1, IDF2, ..., IDFn is the weight of each keyword, the correlation calculation formula becomes weighted summation, that is:

$$\sum_{i=}^{n} F_i \times IDF_i \tag{3}$$

4. Result Analysis and Discussion

According to the needs of the research, based on the J2EE technology three-tier hierarchical framework, in order to facilitate the test to improve the stability of the system, hardware resources were fully utilized, the entire environment was built on a Linux server, the database was specifically deployed, the server and the WEB server was applied, a class of 50 people was tested in the engine room. The data samples took from fifth unit exam in the second semester of the first grade in junior high school in Wuluo Road. For standardized test questions, because the diagnosis was easy to be realized, it was not considered in the test, and the performance and error rate of the composition were tested. The following test cases were briefly designed. Test steps include: students login to the specified web site through the Internet, enter the pre-set test room for a limited time to answer; each student must write essay; the system automatically submits the student's answer after the time is up; and through the background management interface, operation diagnosis and report generation are carried out. Test paper essay questions are shown in figure 3.

Soction
Please write a composition of about 150 words according to the following scenarios:
It's 8 o'clock in the evening, and your family is at home. According to the tips below, describe what everyone in your family is doing.
1) mother is washing clothes
2) father and brother play chess in the living room
3) grandpa and grandma watch TV together
4) I do my homework in my room

Figure 3 – Test Paper Composition Topic

The annotation tool can generate rules, as shown in the figure. In order to ensure the accuracy of the diagnosis, the rule base should be perfected as far as possible. Therefore, there may be a lot of annotations for a complete composition. Then, the personal diagnostic test was carried out, the highest score and the lowest score in the test class were drawn out for a single test. Student A composition: the standard score is 13.5 points; Student

B composition: the standard score is 11.25 points; Student C composition: the standard score is 12.5 points; Student D composition: the standard score is 9 points; Student E composition: the standard score is 5 points. Through the diagnosis, the following table shows the diagnostic results, in which S refers to the threshold of sentence similarity, the corresponding results are the score and time (in seconds), point refers to the standard score, as shown in Table 3.

Student	point	S=0.6		S=0.5		S=0.4		S=0.3		S=0.32	
A	13.5	6.6	0.129	6.6	0.203	11.6	0.233	13.6	0.297	13.6	0.468
B	11.25	2.8	0.181	7.8	0.266	9.8	0.437	10.3	0.485	12.3	0.593
C	12.5	9.2	0.113	10.2	0.156	10.2	0.156	11.2	0.241	11.2	0.272
D	9	10.0	0.096	10.0	0.157	10.0	0.172	10.0	0.171	10.0	0.204
E	4.8	3.8	0.081	3.8	0.141	3.8	0.172	3.8	0.241	3.8	0.390

Table 3 – Diagnostic Results of Personal Composition

Through the test data and repeated tests in the above table, the following results are obtained: with the decrease of the similarity threshold, the rules that can match the students' composition are greatly increased, the corresponding regular matching times and the calculation times of the minimum edit distance are greatly increased, and the calculation time will increase obviously. Therefore, for large-scale applications, the performance will be significantly reduced, the accuracy and timeliness of composition scores need to be weighed; but in Internet applications, user experience is very important. Therefore, it is essential to select the appropriate threshold. For a composition with a lower score, the similarity of a sentence is mostly less than the threshold, due to the few rules that can match the rule base. Therefore, the adjustment of the threshold has little effect on it, and the selection of the threshold is mainly based on the pass in a composition score. The error rates of students A, B, C, D and E were 0.67%, 7%, 8.67%, 6.67% and 6.67% respectively when the threshold was chosen as 0.2-0.3. From this it can be seen that when the error rate is large, the composition needs to refer to the new rules to repeat the calculation, so as to avoid the large error in the diagnosis because of the incomplete corpus.

According to the above steps, the whole class was tested. After collecting the English composition of the whole class, five first-line teachers evaluated their composition. After getting the score of five frontline teachers, through processing, the average of 52 people in the class is 12.43 points. The average score for this writing class is taken as the standard value. Specific measurement data is shown in figure 4.

As can be seen from the figure above, when the similarity threshold is S = 0.32, the overall error rate of class composition is 9.00%. After passing the test for individuals and classes, the error is within 10% and the difference is within 2 points, which meets the design goal and can be used in practical application. Figure 5 shows a comparison between the model test data set up in the previous article and the actual data. As can be seen from the figure above, the difference between the test data and the actual data is compared. It can be seen that the difference between the test data and the actual data is

basically controlled within two standard deviations, and the algorithm designed in this paper is effective.

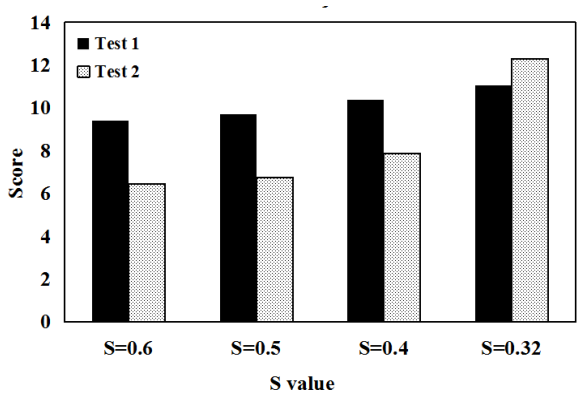


Figure 4 – Diagnostic Results of Class Composition

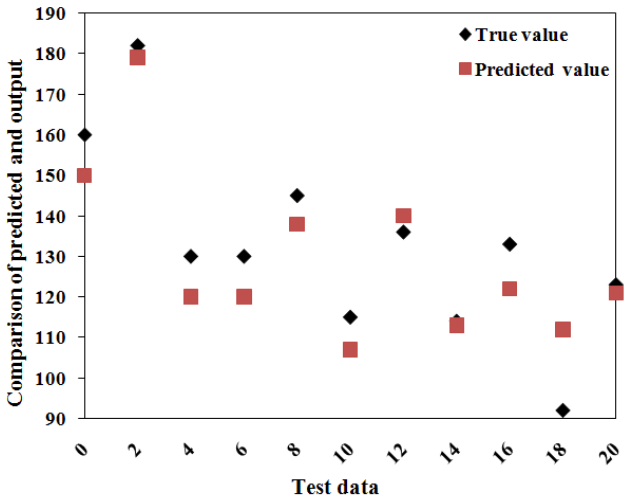


Figure 5 – Multivariable Linear Regression Model Test Data

5. Conclusions

At present, computing technology and Internet technology have made great progress, and have been used in teaching. For English teaching, due to its complexity, computer aided teaching plays an important role in English teaching. In this paper, in this context, ICAI English teaching was studied. According to the selected syllabus, the English corpus of three levels was constructed, including the modules of vocabulary knowledge, grammar knowledge, communicative competence and cognitive ability. According to

the needs of auxiliary teaching, an auxiliary algorithm was designed. Based on the TF-IDF algorithm, English sentences were judged and the implementation of the algorithm was described. Finally, the designed algorithm was applied to the assessment of English composition. The student composition of the case class was evaluated and compared with the English teacher's manual evaluation. Through the test of individual students and the whole class, it is concluded that the difference between test data and actual data is within the acceptable range, which proves that the algorithm in this paper is effective and suitable for further promotion in English teaching.

References

Fan, Y. (2017). An improved method of English vocabulary teaching by using corpus and information retrieval. *Revista De La Facultad De Ingenieria,* 32(3), 183-190.

Furuta, Y. (2017). A Corpus-Driven Approach to English Expressions Based on Comparison: Not so Much A as B and Not so Much A but B. *International Journal of Computer-Assisted Language Learning and Teaching (IJCALLT),* 2(1), 24-34.

Gilakjani, A. P., Sabouri, N. B. (2017). Advantages of Using Computer in Teaching English Pronunciation. *International Journal of Computer-Assisted Language Learning and Teaching,* 2(3), 78-85.

He, H. (2016). A Computer-Aided Analysis on Word Form Errors in College English Writing — A Corpus-based Study. *International Journal of Emerging Technologies in Learning,* 11(3), 4.

Khan, I. A. (2016). Role of Applied Linguistics in the Teaching of English in Saudi Arabia. *International Journal of English Linguistics*, 1(1), 22-24.

Lee, J., Yeung, C. Y., Zeldes, A., (2015). CityU corpus of essay drafts of English language learners: a corpus of textual revision in second language writing. *Language Resources & Evaluation,* 49(3), 659-683.

Li, Y. (2017). The Application of parallel corpora based computer-aided translation technology in chemical english translation. *Innovation in Language Learning & Teaching,* C E Ca, 42(6), 2433-2437.

Wang, X., Zhang, D., Wang, X. (2017). A study on the influence of computer corpus software on college students' English vocabulary learning. International *Journal of Emerging Technologies in Learning,* 12(8), 27-35.

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

Recebido/Submission: 13/10/2022
Aceitação/Acceptance: 27/12/2022

Classification of Fundus Images of Diabetes Patients With Retinopathy

Xinyu Fu[1], Qian Yu[1]

jcjl278339@163.com

[1] The First Affiliated Hospital of Chengdu Medical College, 610500, Chengdu, Sichuan, China

Pages: 485-493

Abstract: This paper will explore the establishment of an automatic classification network for diabetes retinopathy images based on deep learning. The images of diabetes retinopathy were classified according to different grades in clinic. The model of deep learning is selected to train and test the effect of image classification of diabetes retinopathy based on transfer learning. In view of the image characteristics of diabetes retinopathy, in order to enhance the classification performance of the model on the characteristics of the pathological image, in addition to studying the classification effect of the residual network with different depth and the network with different parameters, this paper proposes to add attention mechanism to the image characteristics to improve the feature extraction ability. To verify the optimization effect of attention mechanism on different networks. Finally, explore the feasibility of the model in clinical diagnosis of diabetes retinopathy.

Keywords: Retina; Ganglion Cell; Patients With Diabetes; Development

1. Introduction

Diabetes is one of the diseases with a very high incidence rate among people today. diabetes is mainly caused by irregular diet and irregular work and rest. When suffering from diabetes, it will not only develop rapidly, but also produce many complications. In today's society, when eating habits are not paid attention to, the body of diabetes patients will bring warning to people that different types of diabetes patients have different complications. In order to avoid the risk of diabetes, we need to guide people correctly, predict and evaluate people's risk of diabetes, and reduce the risk of people's disease. To reduce the possibility of complications of diabetes, the decision tree model is used for prediction analysis and algorithm construction, which provides a great reference for clinical diagnosis and judgment. In the study of the brain, visual

development is an important branch. Any progress in the study of visual development has been of considerable help to the study of the work of the brain (Boinagrov et al., 2014). In vision, the retina converts the visual signal to light, and then uses the action potential to complete the transmission of visual signals to the brain (Chen et al., 2017). In the retina, however, the action potential is strongly related to ganglion cells. Ganglion cells are responsible for combining visual signals with action potentials to transmit complex visual information signals to the central nervous system of the brain and then to complete the transmission of visual signals. Therefore, ganglion cells play an important role in the transmission of visual signals (Jaafari et al., 2014).

According to the related research results, the transmission of visual signals in the retina contains two kinds of visual pathways, steady state and transient state. The transient visual pathway is responsible for the transmission of moving target related information. The steady-state pathway is responsible for the fine spatial resolution of information transmission (Johnson et al., 2014). The transmission of these two signals is greatly related to ganglion cells. However, there are very few studies on ganglion cells. Especially in the course of development, how the ganglion cells develop along with development, and finally form perfect visual information transmission has become a hot topic in the academic world. In view of this, the electrophysiological study of the retinal ganglion cells in the development of Patients with diabetes is proposed in this paper, which will provide references for related studies.

2. Related Work

Diabetes is due to the presence of compounds and proteins such as carbohydrates and proteins that should not be present in the urine, which indicates that there are problems in the infiltration and screening functions of the kidney. Under the influence of these problems, it will slowly turn into diabetes. For diabetes patients, abnormal metabolism is the main manifestation. In the process of abnormal metabolism, glucose regulation is controlled by many factors, which will make the sugar content in the blood exceed the standard. The early manifestation of diabetes is not obvious, so it is easy to ignore it. Under the influence of a long time, various complications of diabetes will occur. In today's study of the electrophysiology of mammalian visual systems, there are many ways of using them. However, retinal patch clamp technique is one of the most mature and widely used techniques in these methods (Lorber & Berry, 2015). The technology was developed by German scientist E.Neher in 1970s and applied in laboPatients with diabetesory. In the course of its development and application, it has been widely applied in the cell line after many other scholars' correction and improvement. The retinal cell is one of them (Luo et al., 2013). In the study of retinal cell structure, the retinal tissue belongs to a layered structure. The cell's complex regulation of the retina is accomplished by reticular synaptic connections. Therefore, the retinal patch clamp technique has also evolved in the laboPatients with diabetesory, with the development of primary isolated single cell applications toward retinal patches and slices (Medeiros et al., 2013). Today, the retinal patch clamp technique has gradually matured, and has become the most important method of electrophysiological research in the international visual system (Oberwahrenbrock et al., 2013). However, although this method has been widely used in

the international community, the relevant domestic research and applications are also relatively less. It is applied only in a laboPatients with diabetesory study, which is one of the major problems facing China related research (Diabeteschford et al., 2013).

3. Methodology

3.1. Classification Algorithm

The GMM-HMM structure is organically combined with GMM and HMM. Its principle is to input signals, first mapping to GMM space for training, and then map to HMM state space through linear combination, so as to get output posterior probabilities (Santina et al., 2013). The specific extraction steps are as follows: first, perform GMM training for each frame, get the probability of each frame belonging to each state, and then calculate the probability of each state sequence based on the HMM state transition probability a of each image. Then, for any input signal, it calculates which type of label makes the maximum probability of the output of the HMM sequence, and determines which class is the image. In training, effective classification criteria are discriminative criteria. Common discriminative criteria include maximum mutual information, minimum phoneme error and minimum Bias risk. In the training of HMM-GMM model, the effect of discriminant criterion is better than the maximum likelihood criterion. However, the structural nature of GMM model determines its training discriminability criterion. The multi-layer nonlinear structure of the deep learning network is more consistent with the speech perception mechanism, so the depth learning network is more suitable for the combination of image classification with HMM. So the HMM-DNN structure model is put forward (Welsbie et al., 2013).

In the DNN-HMM model instead of GMM model in GMM-HMM with the DNN structure, HMM estimates the posterior probabilities of the upcoming DNN and HMM combination, it can be regarded as the optimization of the structure of GMM-HMM, which can be seen as containing the GMM-HMM structure of a plurality of hidden layer, the signal from the input layer through a hidden layer to the output layer and each layer of a layer of signal decomposition and reconstruction, and the original features into new feature representation. The specific steps are: to set the network parameters, input layer, hidden layer and output layers and each layer nodes that set the depth of the neural network; and training network: network training includes pre training and network training pre tuning: initialization of the network parameters, and the iterative training of the RBM model; network tuning the selection of the objective function of network parameter adjustment. Finally, a complete classification system can be obtained by calculating the posterior probability of the output state by the output value of the DNN output layer node. By the above steps can be seen, the DNN-HMM model has three main disadvantages: take the structure of series practice, so the structure efficiency is low, but also affects the accuracy of classification; all levels are used RBM model in network tuning will occur in the process of parameter fluctuations; DNN algorithm has high complexity. In order to improve the accuracy and efficiency of the classification system, the structure of DNN-HMM is optimized and the structure of DBN-HMM is proposed.

3.2. Image Preprocessing Method

The image processing technology based on depth learning can learn and classify the images of fundus lesions by itself, and the quality of samples is crucial to the depth network model. If you want to obtain a high prediction accuracy, the number of samples needed should be large enough. The small number and uneven distribution of sample categories will lead to the poor generalization ability of the model. Therefore, it is necessary to strengthen and expand the sample dataset to reach a large enough sample dataset. In this paper, the image is optimized and expanded by means of flipping, translation and rotation. After data expansion, the generated sample data is highly reliable, because rotation and translation do not affect the severity of the lesion, making up for the lack of the source data set.

The expanded data also needs to be clipped, and the image is clipped after being input into the model. Make the target area appear at different locations and reduce the sensitivity of the network model to the target location. The source of the image is the image diagnosed by a professional doctor, and the classification of lesion grade is accurate and reliable. Secondly, it explains the limitations and shortcomings of the source image, which are limited by the hardware conditions of the fundus camera equipment, as well as the uneven distribution of the number of images and the insufficient data set. It is necessary to select targeted image preprocessing to improve the image quality of the dataset. The creation process of training data set and the preprocessing method of source image are introduced. Images are expanded in training set and test set respectively to keep the number of images between categories close. In order to alleviate the imbalance of data and help prevent over-fitting during training.

3.3. Analysis of Diabetes Retinopathy

According to the staging standard of diabetes retinopathy, it can be divided into 6 stages according to the pathological manifestations. The manifestations of retinopathy in each stage vary from mild to severe, and the corresponding image is simple and general, showing microangioma and small bleeding spots in the fundus.

The primary bleeding point is dark and small, sometimes difficult to distinguish, and belongs to the primary disease.

Stage II is characterized by yellow-white hard exudation and bleeding spots on the fundus. At this stage, the bleeding is obvious, and the dark plaque can be clearly seen in the image, and the exudates generally appear bright yellow. It belongs to metaphase disease.

In phase III, there are cotton wool spots and bleeding spots on the fundus of the eye, and multiple bleeding spots are irregularly connected, and the exudates are more serious than in phase II. It belongs to severe disease.

Stage IV V to stage VI I are proliferative lesions with neovascularization of the fundus. Because of the emergence of new blood vessels, the veins of the fundus are no longer regular. As the severity of the disease increases in turn, fundus fiber proliferation and retinal detachment will also appear.

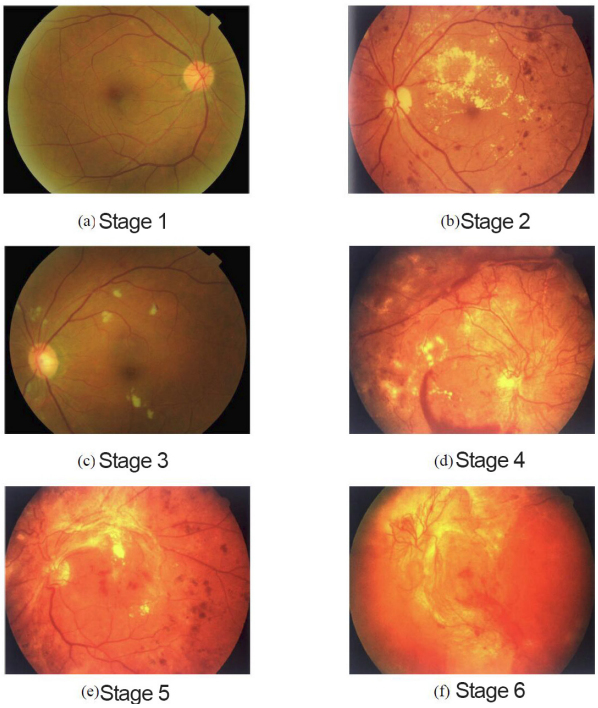


Figure 1 – Fundus Image of the Lesion Period

The classification of diabetes retinopathy is mainly aimed at some special indications of fundus images (bleeding, exudation, etc.). Under the condition of image data, to accurately extract the indications in the image, the number of base numbers of the image and the quality of a single image are required. The training image in this study is mainly from the fundus photos taken by the non-mydriatic fundus camera, and the data source is relatively single. It is mainly summarized into the following three problems: (1) There are few samples of fundus images. This research is a private image source, and there is no large base 2D fundus image of diabetes retinopathy. At the same time, the grade of diabetes retinopathy needs professional ophthalmologists to read films and diagnose. Limited by the number of patients and doctors in the hospital. Therefore, the number of images that have been classified and labeled as effective diagnosis is not enough. (2) The image is not clear enough. Affected by the performance of the fundus phase. In addition, the thermal training degree, shooting angle and other environmental factors of the operators during shooting. DR fundus images have some blurring, angle difference, color difference and other conditions. If no enhancement is performed, the classification test results of the experiment will be affected. (3) The distribution of lesion grade is uneven. The images actually taken in clinical practice are generally normal fundus or slightly diseased fundus images. The image grade is mostly stage I and stage II, and the image grade of moderate and severe lesions.

4. Network Model Algorithm Test

4.1. Preprocessing Algorithm

In order to make the overall algorithm more efficient and concise, the preprocessing algorithm proposed in Chapter 3 is further simplified.

The first step of preprocessing is still to convert RGB images into grayscale images, and the conversion method is no longer used here. Instead, the green component of the RGB image is directly extracted as the gray image. According to the three channel components of the color fundus image (a), the contrast between the blood vessels in the green channel image and the background is the clearest. It can be seen that the contrast between the front background obtained by this conversion method is slightly lower than that of the green channel image.

The segmentation performance of the model is positively correlated with the contrast of the input fundus image. Although the green channel image has good contrast, in order to better improve the segmentation performance of the model, the extracted green channel image is CLAHE operated. Finally, the enhanced image is normalized.

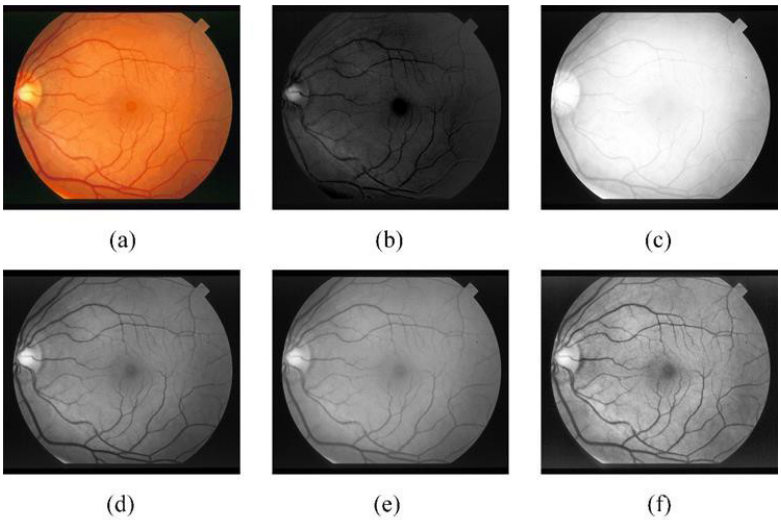


Figure 2 – Color Fundus Image Decomposition and its Graying and Enhancement:

In the experiment, the training set image is preprocessed first, and then randomly trimmed in pairs with the corresponding expert labeled image. Due to the high requirements of memory and video memory for generating the confrontation network, the test set image is extracted 64 × A 64-size image block is sent to the network for prediction, and finally the predicted image block is restored to the original image size.

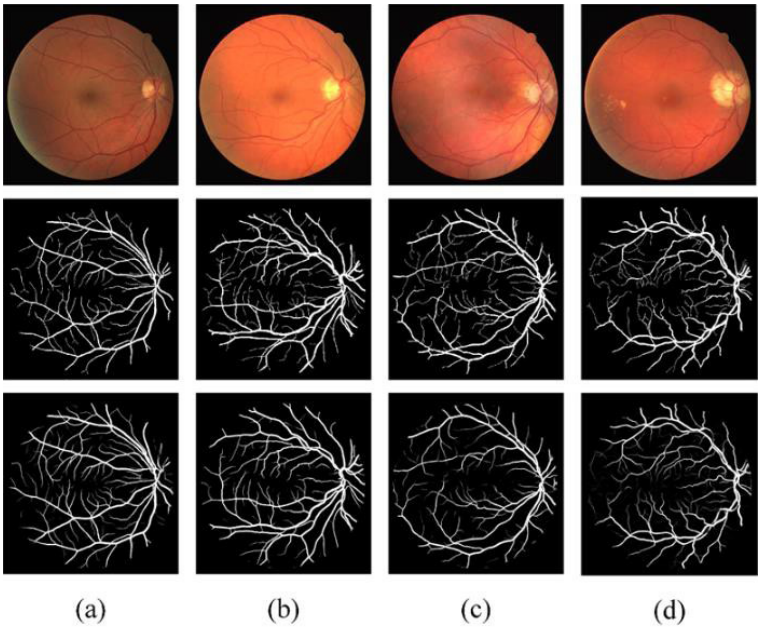


Figure 3 – Example of Dataset Segmentation Results

In order to make the algorithm more concise and efficient, the preprocessing operation is simplified to extract the green channel image. Contrast limited histogram equalization and image pixel normalization are three steps. The function of the generator is to generate the probability diagram of blood vessels, and the discriminator needs to determine whether the input image pair is real or generated by the generator. Through the continuous game between the generator and the discriminator, we can obtain high-quality retinal blood vessel segmentation images. The generator adopts a lightweight model, which can increase the depth of the network to learn multi-scale features by replacing the ordinary convolution module with the RSU convolution block of U-shaped structure. At the same time, the parameter quantity of the module can be controlled by adjusting the number of intermediate channels of the module. The discriminator uses a shallow residual network. The residual connection can effectively solve the problem of network degradation, and can also speed up the training of the network. The experiment on the STARE data set shows that under the condition of less training data, it also has good performance in various indicators, especially in sensitivity.

5. Conclusions

Glaucoma, diabetes retinopathy, macular ophthalmopathy, hypertension and other diseases will affect the structure of retinal blood vessels. Doctors can evaluate the health status of patients through changes in the structure of retinal blood vessels. In addition, as a biological feature, retinal blood vessels are highly unique and can be used to

construct recognition systems. In this paper, the image classification dataset of diabetes retinopathy is created. On the basis of the original image, the image is preprocessed by rotating the image at different angles and randomly clipping when inputting the model. The image data set is expanded to solve the problem of insufficient number of images with high pathological grade. Whether it is used for medical diagnosis or building recognition system, retinal blood vessel segmentation is a key step.

References

Boinagrov, D, PangPatients with diabetesz-Fuehrer, S., Goetz, G., (2014). Selectivity of direct and network-mediated stimulation of the retinal ganglion cells with epi-, sub- and intraretinal electrodes. *Journal of Neural Engineering,* 11(2), 026008.

Chen, C. C., Cang, C., Fenske, S., (2017). Patch-clamp technique to characterize ion channels in enlarged individual endolysosomes. *Nature Protocols,* 12(8), 1639.

Jaafari, N., De, W. M., Canepari, M. (2014). Imaging fast calcium currents beyond the limitations of electrode techniques. *Biophysical Journal,* 107(6), 1280-1288.

Johnson, T. V., Dekorver, N. W., Levasseur, V. A., (2014). Identification of retinal ganglion cell neuroprotection conferred by platelet-derived growth factor through analysis of the mesenchymal stem cell secretome. *Brain A Journal of Neurology,* 137(2), 503.

Lorber, B., Berry, M. A. (2015). Lens injury stimulates adult mouse retinal ganglion cell axon regenePatients with diabetesion via both macrophage- and lens-derived factors. *European Journal of Neuroscience,* 21(7), 2029–2034.

Luo, X., Salgueiro, Y., Beckerman, S. R., (2013). Three-dimensional evaluation of retinal ganglion cell axon regenePatients with diabetesion and pathfinding in whole mouse tissue after injury. *Experimental Neurology,* 247(3), 653–662.

Medeiros, F. A., Lisboa, R., Weinreb, R. N., (2013). Retinal Ganglion Cell Count Estimates Associated with Early Development of Visual Field Defects in Glaucoma. *Ophthalmology*, 120(4), 736-744.

Oberwahrenbrock, T., Ringelstein, M., Jentschke, S., (2013). Retinal ganglion cell and inner plexiform layer thinning in clinically isolated syndrome. *Multiple Sclerosis,* 19(14), 1887–95.

Diabeteschford, J. N., Saidha, S., Sotirchos, E. S, (2013). Active MS is associated with accelePatients with diabetesed retinal ganglion cell/inner plexiform layer thinning. *Neurology,* 80(1), 47–54.

Santina, L. D., Inman, D. M., Lupien, C. B., (2013). Differential Progression of Structural and Functional AltePatients with diabetesions in Distinct Retinal Ganglion Cell Types in a Mouse Model of Glaucoma. *Journal of Neuroscience the Official Journal of the Society for Neuroscience,* 33(44), 17444–57.

Welsbie, D. S., Yang, Z., Ge, Y., (2013). Functional genomic screening identifies dual leucine zipper kinase as a key mediator of retinal ganglion cell death. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,* 110(10), 4045–50.

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

Recebido/Submission: 16/07/2022
Aceitação/Acceptance: 18/11/2022

Study on the Innovative Application of Virtual Simulation Technology in the Protection and Inheritance of Needlework Art

Xu Ying [1]

epoucl60092@163.com

[1] Krirk University, 10220, Bangkok, Thailand

Pages: 494-503

Abstract: As an important part of traditional handicrafts, needlework art reflects the rich folk culture and aesthetic taste of the Chinese nation. It is one of the most vivid and unique cultural forms of Chinese civilization. In recent years, the state has advocated to incorporate excellent traditional handicrafts into the category of aesthetic education. It is also suggested that social aesthetic education should be taken as the guide to improve the aesthetic quality of the whole people. The needlework handicraft has always been closely linked with the public life and has a good foundation for public aesthetic education. This paper takes needlework handicrafts from the perspective of aesthetic education as the research object, and analyzes the application of virtual reality technology in the protection of needlework needlework art and cultural heritage and its inheritance space environment adaptability.

Keywords: Virtual reality technology; needlework art and cultural heritage; inheritance space; adaptability protection; Needlework art

1. Introduction

The traditional needlework handicraft is a boudoir culture with the main means of inheritance of "word of mouth within the family". In the new era of reform and opening up, it has gradually lost its original vitality. Many crafts are facing the dilemma of being neglected or even on the verge of being lost. The beneficial attempt to protect and spread the traditional needlework art resources is conducive to rekindling people's sympathy for needlework. Let the needlework handicraft art return to the public view and play the social aesthetic value of the traditional needlework handicraft. When the burgeoning machinery industry brings about the acceleration of the pace of life and the indifference of human emotions, urban young people especially need the adjustment

of “slow life”. How can we really transform the essence of traditional needlework into artistic and universal means in the experience, so that it can not only retain the cultural connotation of traditional needlework and classical aesthetic connotation, but also meet the aesthetic needs of people’s times, and at the same time maximize its aesthetic value. This is the problem facing the development of needlework at present, which is the significance of this study. China has started late in the protection of needlework art and cultural heritage. In recent years, it has gradually got the sense of protection. Both legislation and practical protection measures are not perfect, (Anderson et al., 2014). Taking into account the needlework art and cultural heritage is of great subjectivity and randomness in the process of oral teaching that inspires true understanding within it caused great instability to the cultural heritage of communication quality. In addition, the preservation is still relatively limited, specific protection measures and way is relatively single, mainly through the audio-visual materials, words and pictures, video effects etc., many areas have not yet released the unity of the needlework art and cultural heritage protection scheme and plan (Artemiou et al., 2014). Many cultural heritages face great threats and challenges at the time of emergencies such as natural disasters and wars (Artemiou et al., 2013).

2. State of the Art

Cultural heritage research is a multidisciplinary and complex process. Experts and scholars in planning, architecture, social sciences, geography, Museology, tourism and other fields have done a lot of research on (Bardhan et al., 2013) from the aspects of value function, protection principles and operation management of cultural heritage. With the development of science and technology, the application of perceptual technology has gradually become the new trend and inevitable trend of research, such as cultural heritage detection, protection, utilization and inheritance. More and more experts and scholars are committed to research (Bazoge et al., 2013) in this field. On the one hand, how to detect and obtain the status data of cultural heritage is the basis for the research on the protection and inheritance of cultural heritage. Traditionally, field survey and questionnaire are the main means to realize the data collection and analysis of cultural heritage research. With the development of surveying and mapping technology, remote sensing technology, and the popularization of cameras and other portable devices, status detection and data access to the cultural heritage by high-tech means, the establishment of cultural heritage data, digital archive is an effective method to study of cultural heritage. For example, satellite remote sensing and lidar remote sensing has been used effectively for the exploration and perception of ancient architectural sites and cultural landscapes (Colucci et al., 2015). The establishment of the needlework art and cultural heritage database has a unique advantage for the inheritance of dance and music. On the other hand, the public’s evaluation and dissemination of cultural heritage play an important role in the effective use and inheritance of cultural heritage (DeBonis et al., 2015). The development of social media, mobile communications, and intelligent transportation makes the large data of image, video, text and other geospatial data emerge and be easy to obtain. On this basis, data mining and knowledge discovery, visualization and other emerging information technology can effectively perceive the public’s trajectory and behavior of cultural heritage experience, evaluate the relationship between cultural heritage and satisfaction and cultural heritage .

3. Methodology

3.1. Digital Protection Mode of Needlework Art and Cultural Heritage

This article generalizes the digital protection method of the needlework art and cultural heritage, as shown in Table 1.

Classification of protection methods	Specific measures and technical means
Data collection and storage class	1.Using digital photography, the needlework art and cultural heritage landscape, ancient books, crafts, calligraphy and painting works, such as image stored in a festive scene; 2. By way of the camera, dance, drama, music and Heritage Festival ceremony activity retained 3. way to image; use digital recording mode, the non-heritage heritage and local dictation the record; 4.3D modeling technology is using 3D laser scanner, the jade, porcelain and other historical relics, after scanning in three-dimensional space on the formation of the three-dimensional point cloud of historical relics, the point cloud data modeling, the establishment of three-dimensional model of digital high-definition antiquities.
Action capture technology class	In recent years, the rapid development of motion capture technology, through the Kinect motion capture system to capture the needlework art and cultural heritage and the dance movement information. Motion information into the database, the non -heritage dance long retain, can also design 3D character, creating 3D animation with dance data, can increase in the interactive experience in the interest of the needlework art and cultural heritage dance heritage and more widely spread.
Data sorting and repair class	1. For incomplete historical relic fragments, using three-dimensional reduction technology to restore the reconstruction, the non-words in digital form can be completely retained. 2., For folk customs, folktales, inheritors' dictation and other content, in order to retain more vividly and intuitively, digital animation or digital videos can be made, which is convenient for transmission and digital preservation.
Information display and communication classes	Information display and communication includes establishing database, intangible heritage website, digitalized virtual museum, digital virtual landscape and mobile new media terminal (APP), so that many people can understand needlework art and cultural heritage through watching and interacting. At present, more and more non - Legacy protection organizations have begun to pay attention to the application of virtual reality in digital protection.

Table 1 – Digital Protection Mode of Non-Material Cultural Heritage

3.2. Perception Technology in the Study of Cultural Heritage

The application of perception technology in the study of cultural heritage includes not only the perception of all kinds of material and cultural heritage resources, but also the perception and experience of various kinds of cultural heritage. The traditional level of cultural heritage data acquisition, mainly through field investigation and questionnaire methods, with the help of cameras, video recorders, scanners and other data to text, pictures, video, audio and other forms of cultural acquisition and recording (Holder et al., 2016). With the development of modern sensors such as remote sensing platform, mobile communication, social media and so on, sensor technology in cultural heritage research tends to be systematic and socialized. On the one hand, the application of remote

sensing information of electromagnetic wave or linear array scanner, multi spectral photography, radar sensing instruments collect objects radiation and reflection, and the detection and identification of its detection, with large scale, information acquisition speed, as the needlework art and cultural heritage, especially provides a means of detecting a variety of economic and convenient the perception and dynamic monitoring of a large area of needlework art and cultural heritage. At the same time, the spectral resolution of remote sensing is high. We can use the naked eye to observe infrared remote sensing and microwave remote sensing beyond visible band, so as to realize nondestructive detection and all-weather and all-weather detection of underground and underwater physical and cultural heritage.

In computer and communication network technology, terminal equipment, a variety of social media perception of intelligent traffic, mobile communication equipment and portable sensors often carry a variety of sensors, perception, sound, temperature, time and space trajectory images, text and other geospatial data. These data have large scale, diversity and high speed characteristics, research can be carried out from the group behavior trajectory and for cultural heritage experience satisfaction, relationship, cultural heritage and cultural heritage with surrounding environment and other aspects, to provide more comprehensive and in-depth cognition of cultural heritage.

In the research of cultural heritage, big data include not only the structural image data acquired by remote sensing sensors, but also the non -structural data such as network text, pictures, videos, and voice. Abstracting effective information from the multi-source cultural heritage data can maximize valuable information, form Viewpoints and interactions, and realize cultural heritage perception. It's the core issue of the application of information technology in the field of cultural heritage. At present, the methods used for large data processing of cultural heritage data can be divided into three categories according to their application purposes, as shown in Table 2.

Spatial data mining and knowledge discovery technology	**In statistics, the basic data mining technology and mass spatial data processing technology.**	**For example, discriminant analysis, principal component analysis, factor analysis, correlation analysis, multiple regression analysis, support vector machine, neural network and so on, it can effectively explore the relationship between culture and environment, culture and so on.**
Visualization technology	On the basis of data mining, it is expressed with charts, maps, symbols and schematic maps to realize the transformation of data to knowledge.	The terrain data, image data, 3D model data and multimedia attribute data obtained by modern measurement technology and multimedia technology are integrated according to the GIS data model.
Virtual Reality Technology	Virtual reality technology is a comprehensive technology developed by computer technology, multimedia technology, human-machine interaction technology, network technology, stereoscopic display technology and simulation technology.	In some large exhibitions, the virtual reality technology has been used to connect the school's PC equipment to realize the resources of the science and Technology Museum for interactive entertainment services. For example, the Chinese science and Technology Museum (China Science and Technology Museum) uses the image processing system to successfully reappear the famous paintings that have been scattered and burned in history.

Table 2 – Cultural Heritage Data Processing Method

3.3. The Application of Virtual Reality Technology in the Inheritance and Dissemination of the Non-Legacy Culture

The application of virtual reality technology in the inheritance and dissemination of non - Legacy culture is shown in Figure 1.

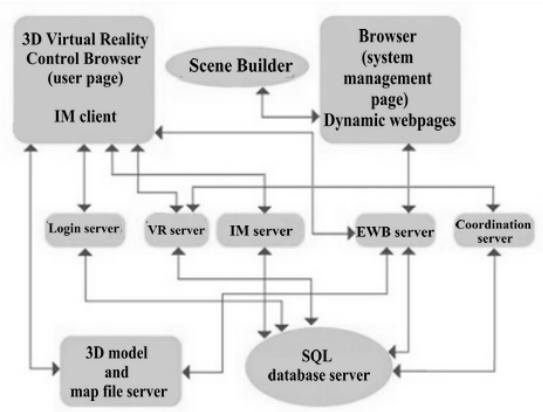


Figure 1 – System Structure Diagram

1. Environment modeling technology. In the virtual reality technology, the core of environment modeling technology belongs to this technology, can bring people a more realistic feel, environment modeling technology is the main objective: in order to accurately obtain the 3D data of the actual environment, and according to the actual demand and data, build a virtual environment. In this process, in order to truly achieve the purpose of three-dimensional vision modeling, in the actual construction process, we will also use image based rendering and graphics based rendering technology. Among them, the image rendering technology used in the process of environment and based on the actual things to shoot, to collect the corresponding environment and things pictures, virtual environment and this is the purpose of the operation in order to ensure that the construction is more realistic, which can give people more real feelings, let the viewer personally on the scene.
2. Stereophonic synthesis and stereoscopic display technology. In the actual life process, whether it is visible to the naked eye or the voice we can hear, it has a certain sense of space. Because of this, objects and sounds can be regarded as something that will occupy certain space. The process of inheritance and dissemination of needlework art and cultural heritage in the application of virtual reality technology, we can break the existing traditional audio technology has no natural sense of space of this defect using this technique, the object and the voice must have access to the three-dimensional sense of space, so as to effectively improve the authenticity of the virtual environment. In order to achieve this goal, it is necessary to use stereo synthesis and stereoscopic display technology. The stereo synthesis technology to create a three-dimensional

effect, the need for proper design of the direct sound, echo and the surrounding environment of the mixed sound; stereoscopic display technology is required to use special instruments to realize stereo display, helmet display, like light valve glasses lamp equipment etc..

3. System integration technology. In the use of virtual reality technology, there will be more perceptual information and model in its system. Including data conversion technology, information technology, synchronous synthesis technology, and system integration technology is the role of the structure of the real system in virtual reality environment built, in order to ensure the practicability and effectiveness. A difference between needlework art and cultural heritage and traditional cultural heritage itself, because the cultural space is living, so to truly reflect the value of it, it must be given in a particular cultural space, if there is no response to the cultural space, can not be called the needlework art and cultural heritage, so in the process, the inheritance and dissemination of cultural heritage, we must ensure that their living. To this point, virtual reality technology has a more significant role in it, as shown in Table 3.

Classification of action	**The specific content**
The limitations of traditional ways of inheritance and communication have been changed	In the past, the inheritance and dissemination of the legacy culture mostly adopted pictures, video and so on.
Can truly realize the digital management system	It can not only change the limitations of the traditional way of transmission and transmission, but also establish various information databases.
Can make the static culture of the remains dynamic	Virtual reality technology is used to spread and inherit the needlework art and cultural heritage. It can make the acquired intangible cultural information and data dynamic by means of live image and dynamic image technology.
Can truly promote the inheritance and dissemination of the non - Legacy culture	After the application of virtual reality technology to preserve the needlework art and cultural heritage, we can send part of the simulated video made from needlework art and cultural heritage to the Internet, so that our needlework art and cultural heritage will enter more people's perspective, and even promote the development of China's needlework art and cultural heritage.

Table 3 – The role of virtual reality technology in the process of inheriting and spreading the non-legacy culture

4. Result Analysis and Discussion

4.1. Digital Real Record Inheritance and Computer Simulation Virtual Reality Reproduction

1. Through 360 - degree panoramic cameras, save a panoramic image, by using the corresponding computer software made based on the android or the PC file. Through the computer, mobile phone to watch the filming site content belongs

to the static picture. VR camera makes the advent of the virtual technology has a breakthrough progress, through VR panoramic dynamic video camera records. The audience through VR glasses equipment immersed into the video inside, 360 degrees of dynamic watching recorded content.

2. The production of computer simulation of virtual reality is a complicated process, it is the digital recording has more broad application space. Digital recording requirement is the real space to really exist, there are corresponding subjects. Computer simulation is not real, through careful planning and design the story or scene of simulated presetting can show the virtual reality simulation for the computer in front of the audience of VR works.

4.2. Computer Virtual Reality

In this paper, the virtual reality production of Huizhou horse head wall is made by MAYA software. First through on-the-spot investigation, network collection, reference principle, grasping the actual production of the Horsehead walls and preliminary design of the Horsehead walls design draft. Horsehead walls, commonly known as fire seal are mainly used for fire prevention role gables. General Horsehead walls into two fold types, three fold types, four lap, lap five, including three fold types, four fold types, the most common, fivefold types are generally used in a large house called the “mountains” cultivates. Horsehead walls along with the height of the roof, one layer overlay in slope length as the number of gear, wall top pick three wire eaves tile, cover at the top of the each buttress head installed with Chinese style tile golden flower plate. It is equipped with various kinds of horse heads, different styles, such as magpie tail type, infighting type and kissing style.

1. The material collection is complete, the use of 3 d software MAYA for model making. First, put the material into MAYA software, due to the selected images to positive, so into the Front interface, positive View - Imageplane - ImpportImage - import profile picture (Horsehead walls), as shown in figure 2. Then enter the perspective model, analysis model of problem solving structure first, summarizes the analysis model of the same type of model, grouping optimization production. Base, build watts (Chinese style tile) for strip tiles, the horse for magpie tail, side with carve patterns or designs on woodwork.

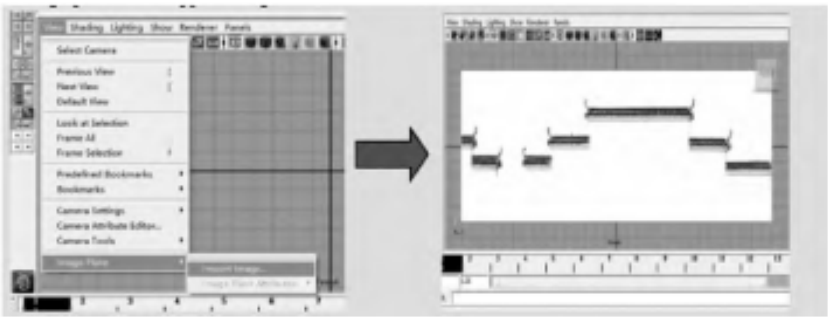


Figure 2 – Import the Footage

As shown in Figure 3, creating a horse head wall gable, enter POLYGON mode, creating create- polygon primitives - plane polygon into the attributes of width: 24, height: 12, depth: 8, subdivisionswidth: 6, subdivisionsheight: 3, subdivisionsdepth: 1. is shown in Figure 3. The deformation of extrusion tool editor editmesh extrude command, a model of extrusion.

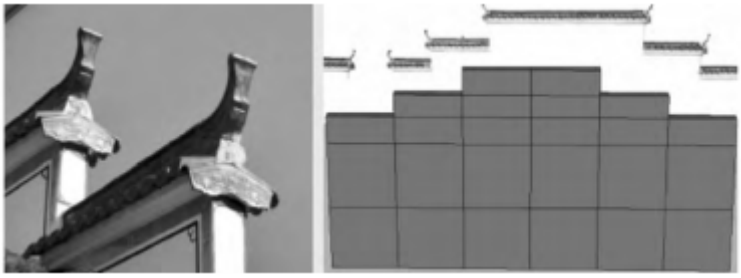


Figure 3 – Horse Head Wall Structure and Extrusion Map

Making horsehead walls at the top of the pile head, through the editmesh, extrude command out of the model are shown in figure 4 below. Enter the tool editor editmesh splitpolygon tool plus 2 line in the middle of the model and, entry point model will be among the top 2 improve. Squeeze the top surface, to form a rectangular and arched surface formation, as shown in figure 5.

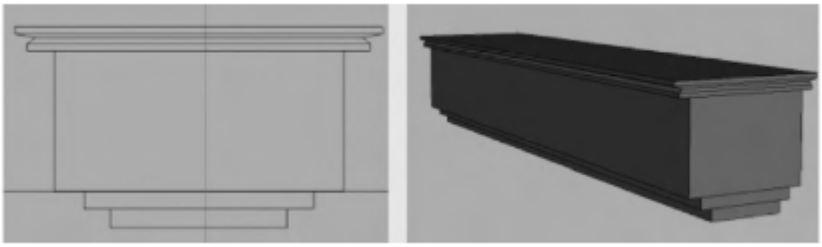


Figure 4 – Squeeze the Picture

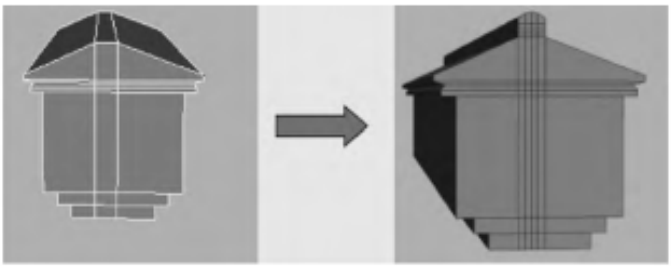


Figure 5 – Add Arched

After completing the arch, arch edge is too hard, will not be able to smooth over. Through the soft edge tool to soften, tool editor editmesh, bevel concrete numerical attributes are as follows: soften edges. Create a flat rectangle, made into the shape of a Chinese style tile, up and down the four pieces form a semicircle clasped. Select the above four tiles to copy, edit -- duplicatespecial. Put all the tile choice. Make group (CTRL + G), and then enter the Modify - centerpivot (return to the object center coordinates). Edit - duplicatespecial rotateZ axis changes into - 180, determine the replication. Crib corner part of the horsehead by squeezing pulling and rotated on a sparrow caudate, at the same time, choose the whole set of reproducing images. As shown in figure 6. Through the whole copy, produced by the rest of the horsehead walls, eventually reach this model effect. As shown in figure 7:

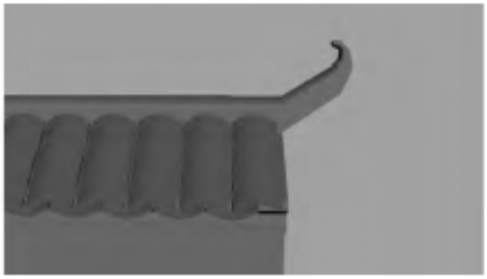


Figure 6 – Magpie Tail

Figure 7 – Overall Effect

5. Conclusion

In the protection of many needlework art and cultural heritage, inheritance and development are the key content of the protection work. The purpose is to make the needlework art and cultural heritage into the public life, keep up with the pace of the times, present new life with a new look, and excavate greater artistic value. This paper studies and analyzes the application of virtual reality technology in the adaptation protection of the needlework art and cultural heritage and its inheriting space environment. By applying the virtual reality technology to the present protection of needlework art and cultural heritage, the connotation and level of the protection of heritage are improved. Ensure that the protected heritage is presented in the most original form. Breaking through existing space and time barrier, innovation has the protection ability of

needlework art and cultural heritage and the new leap in protection of needlework art and cultural heritage.

References

Anderson, E. G., Geoffrey, G., Parker, and Burcu, T. (2014). Platform Performance Investment in the Presence of Network Externalities. *Information Systems Research,* 25 (1), 152-172.

Artemiou, E., Adams, C. L., Toews, L., (2014). Informing web-based communication curricula in veterinary education: a systematic review of web-based methods used for teaching and assessing clinical communication in medical education. *J Vet Med Educ,* 41(1), 44-54.

Artemiou, E., Adams, CL., Vallevand, A., (2013). Measuring the effectiveness of small-group and web-based training methods in teaching clinical communication: a case comparison study. *J Vet Med Educ,* 40(3), 242-51.

Bardhan, I., Viswanathan, K., Shu, L., (2013). Research NoteBusiness Value of Information Technology: Testing the Interaction Effect of IT and R&D on Tobin's Q. *Information Systems Research,* 24 (4), 1147-1161.

Bazoge, N., Saint, M. J., Attali, M., (2013). Promoting the Swedish method of physical education throughout France for the benefit of public health (1868-1954). *Scand J Med Sci Sports,* 23(2), 232-243.

Colucci, P. G., Kostandy, P., Shrauner, W. R., (2015). Development and utilization of a web-based application as a robust radiology teaching tool (radstax) for medical student anatomy teaching. *Acad Radiol,* 22(2), 247-255.

DeBonis, K., Blair, T. R., Payne, S. T., (2015). Viability of a Web-Based Module for Teaching Electrocardiogram Reading Skills to Psychiatry Residents: Learning Outcomes and Trainee Interest. A*cad Psychiatry,* 39(6), 645-648.

Holder, L. B., (2016). Current and Future Challenges in Mining Large Networks: Report on the Second SDM Workshop on Mining Networks and Graphs. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter,* 18(1), 39-45.

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

Recebido/Submission: 19/07/2022
Aceitação/Acceptance: 26/11/2022

Application of Hospital Information System in Outpatient Appointment and Treatment in Large Comprehensive Hospitals

Xiaoli Tang

kvrari2441331@163.com

Universiti Sains Malaysia, School of Management, 11800, Pulau Pinangm, Malaysia

Pages: 504-510

Application of Hospital Information System in Outpatient Appointment and Treatment in Large Comprehensive Hospitals

Abstract: This paper discusses the application of hospital information system (HIS) in outpatient appointment and treatment in large comprehensive hospitals. The HIS system has been established and the outpatient appointment service center has been established. 100% open the number source of experts' appointment, add 3 special telephone lines for appointment and 5 special windows for on-site appointment. Add self-service reservation, registration, inquiry toll machine and self-service report printer. Carry out staff quality education and create a "window of mass satisfaction" competition, change the service concept, and extend the working hours. Accept on-site or telephone appointment). The network and TV can make effective appointments 24 hours to meet the needs of different patients. The principle of time-phased reservation and priority of reservation shall be implemented with the reservation registration platform of Jiangsu Province and the digital TV channel of Changzhou. Formulate and improve various rules and regulations, optimize the diagnosis and treatment service process, and scientifically standardize information management. The outpatient appointment registration process has been simplified, the channels have been increased, and the information entry method has been changed (the original manual record has been changed into computer input), and the work efficiency has been improved. The number of patient appointments increased significantly. The waiting time of patients was shortened to 5 minutes. The satisfaction is significantly improved; The diagnosis, treatment and examination are standardized and orderly to promote the rapid development of the hospital. The application and continuous improvement of HIS system is an effective way for hospitals to provide high-quality diagnosis and treatment services for patients and promote hospital development.

Keywords: Comprehensive Hospital; Information System; General Hospitals; Large; Outpatient Department; Appointment

1. Introduction

Good order and short waiting time are important signs of modern hospitals. In order to further implement the spiritual requirements of the Ministry of Health and the Department of Health of "three good and one satisfactory" and "be the people's health guardian and do the people's satisfactory health". Our hospital actively integrates resources, speeds up the upgrade of information system, takes patient satisfaction as the goal 3, improves the medical environment, and optimizes the diagnosis and treatment service process (Geiger et al., 2021). In February 2012, it took the lead in building a comprehensive and information-based reservation diagnosis and treatment service center in the city's health system. Build a new platform for the appointment diagnosis and treatment service, and make the appointment diagnosis and treatment service take a big step forward. It achieves the purpose of multi-path, wide coverage and efficient reservation. At the same time, we will continue to optimize the diagnosis and treatment environment and service process.

Computer technology is becoming more and more perfect, and network and social production and life are highly integrated. Computer management based on network environment has become an important means for hospitals to realize information management. Under the network environment, HS data security management has been involved in many processes such as HS design (Christian et al., 2021), operation, maintenance and update . Relevant departments and personnel should be aware of the fact that the network itself is vulnerable and has many potential hidden dangers, use effective security measures and methods, establish and improve the HS data security assurance system, ensure the normal operation of HS, and maintain the integrity and accuracy of various medical data (Wolff et al., 2019).

The current situation of HS construction in the network environment is based on the current network environment. In the process of HS construction, we began to emphasize the rational use of the Internet, and look forward to using the Internet to expand the scope of business coverage, ensure the rationality and effectiveness of the sharing of various network resources, and provide diverse service projects for the majority of patients (Paldán et al., 2021). However, the hospital should also recognize the potential security hazards in the network environment, and also cooperate with the use of various security protection measures to avoid the theft, loss, bad files, partial incomplete and other situations of some key data. In order to fully guarantee the security of HIS data (Safdar et al., 2020), a relatively complete, reasonable and technologically high security guarantee system should be built to promote the comprehensive upgrade of system software and hardware. The B/S architecture is the core component of the new system, and its normal operation can guarantee the quality and stability of the entire server ontology, thus helping to improve the security of medical data.

2. Related Work

After HS is put into operation, it will take over the collection, transmission, disposal, statistics and storage of hospital charges and medical information as a whole, and become an important business platform for hospitals to carry out various medical service projects. HS operates 24 hours a day without interruption, and any minor failure may

cause interference to the medical work of the whole hospital. It is not conducive to its normal progress, which may bring unstable factors to the work of various departments of the hospital, threaten the security of hospital data, and even cause more serious consequences. If part of the data in HS is stolen, tampered with or damaged, it is likely to involve the patient's personal privacy, the hospital's economic interests, the integrity and authenticity of the medical record data, and may also lead to legal disputes in some cases. Filtering and protecting information security is an important part of network operation management. Some scholars pointed out in the study that the negative impact of some network information security may exceed the benefits of resource sharing (Sweet et al., 2011). The occurrence and development of security problems is a dynamic process, which cannot be viewed with a static eye or thinking. Security problems exist in all aspects of computer hardware and software. Using software with fault problems is equivalent to illegally accessing and modifying data, which directly reduces the security level of computer operation. Human intentional or unintentional misoperation, computer virus attack, unpredictable system failure and operation deviation may cause some computer data loss or abnormal change.

The structure design and construction quality of the network itself are the main factors affecting its operation safety, especially the construction quality, which is extremely serious. Therefore, it is necessary to strengthen the supervision and management of the construction process, and strictly implement the quality inspection and acceptance standards. No matter what type of hardware equipment is, it is necessary to have spare parts, so that it can be replaced quickly in case of sudden failure during the operation of the equipment, In this way, the smooth operation of the line is guaranteed (Viglione and Nguyen, 2022). For the lines added after the fault or temporarily, the wiring safety regulations must also be implemented to prevent the introduction of unnecessary safety hazards. HS terminal equipment is usually composed of terminal computers and printers directly used by users. The above equipment is prone to failure and abnormality during operation. Therefore, HS design and construction should not only be equipped with a sufficient number of standby computers, but also complete and clear records of the identification and configuration of each terminal computer, so that when there is a need to replace the computer in case of sudden failure, the speed of function recovery can be guaranteed. Two sets of central equipment of HS shall be arranged, including servers, main switches, etc., so that the normal use of HS can be ensured by operating standby equipment under emergency conditions. Equipment safety protection also covers lightning protection of some equipment.

3. Materials and Methods

An investigation was conducted in a third-class A general hospital in a hospital. It has 50 clinical departments and medical technology departments, with a daily outpatient volume of 5500~7500 cases. The hospital department, medical department and outpatient office are responsible for the supervision and management of the quality of outpatient diagnosis and treatment services. There are 7 staff in the outpatient appointment and treatment center, including 3 licensed nurses, aged 25-45, with an average age of 35. Education: 1 undergraduate, 1 junior college, 1 technical secondary school. There are 4 registrars (temporary workers), aged from 22 to 29, with an average

age of 25. Education level: 2 undergraduates and 2 technical secondary school students. There are two on-site appointment windows, one registration window, one online appointment window, two appointment check windows, and three special lines for appointment. 8 self-service registration machines will be added in the outpatient hall. Set up institutions to establish outpatient appointment and treatment centers. Set up 8 self-service registration machines; Set up an appointment system at the outpatient doctor workstation. Jiangsu reservation platform and our official website accept online reservation. Link to our hospital reservation system on the city's digital TV channel 880. After the reservation through the above channels, it will be imported into the hospital information system (HIS) system, and the number source will be adjusted uniformly, and the expert number will be reserved in different periods. The outpatient appointment examination system and the inpatient appointment examination system are respectively set up in the appointment examination window. The two systems are relatively independent and can be adjusted and complementary to achieve resource sharing.

Propaganda and mobilization: mobilize and publicize the medical staff of the hospital through weekly hospital meetings, in-hospital business study, hospital newspaper, etc. The medical department will issue standardized electronic application forms for batch training of doctors in the whole hospital, pass the examination one by one, and incorporate them into the department assessment, so as to fully cooperate in the appointment of diagnosis and treatment. The patients and their families were publicized through various forms and channels such as distribution of publicity materials, expert list, Changzhou Daily, media, electronic display screen, Internet, etc. Introduce the purpose, significance, process and method of booking and registering in different time periods by making a presentation (PPT). Guide patients to take the initiative to participate in scheduled appointment and registration, stagger peak visits, optimize the diagnosis and treatment environment, reduce outpatient congestion, shorten the waiting time, and promise to have the priority of appointment and registration for patients.

4. Management Results

The reservation management system is to fully implement the reservation registration and ensure its orderly progress. "Appointment center work system, service specification, job responsibilities", "patient appointment system and process", "expert outpatient treatment process", "patient default management", "expert temporary change of diagnosis emergency plan", "appointment inspection process management", etc. are specially formulated. Through the implementation of the management system, we can effectively improve the effectiveness and timeliness of appointment registration and appointment inspection. Diagnosis and treatment service management: (1) carry out cultural construction, strengthen the professional ethics education of medical staff, change the service concept, and improve the sense of active service. (2) Outpatient clinics carry out competition activities to create a "window of mass satisfaction". (3) Extend the appointment working hours (increase the continuous shift at noon, arrange personnel to be on duty on Saturdays, Sundays and holidays to receive appointment diagnosis and treatment) to meet the needs of patients. (4) At the end of each month, the success rate of each person's workload appointment was calculated through Is, and the competition was carried out and included in the assessment. (5) The hospital department, medical department, discipline inspection commission and outpatient office shall supervise

and inspect the medical service quality regularly and irregularly every month. The assessment results shall be publicized through the intranet OA system, analyze the causes of existing problems, put forward suggestions, and urge the implementation of rectification measures. Expert visit management, The hospital arranges expert photo wall to introduce the expert's specialty and visit time in detail for the convenience of patient selection. The list of experts is printed uniformly for patients to read. The expert should apply for stopping the diagnosis one week in advance. It is submitted to the outpatient office for review and approval through the intranet OA system, and included in the scope of assessment, directly linked to the incentive performance assessment, and arranged for replacement diagnosis. The appointment center shall notify the patient in time and explain it well. Further strengthen the ideological and moral construction of experts, improve the awareness of honest service and work execution rate. The experts and times of stopping diagnosis are counted through the computer HIS system every month, and included in the assessment system to continuously standardize the behavior of experts' diagnosis and treatment services. On the day of the patient's visit, the number source should be temporarily cancelled. The reservation center should be notified by telephone before the end of the visit period to exit the number source, so as to prevent the number source from being wasted and facilitate the recycling and reuse of the number source. If a patient fails to see a doctor on time without permission, it shall be deemed as breaking the appointment. A computerized management system for breaking appointments has been established to limit the right to make appointments for 3 months for a total of 3 times in half a year. The IIS system calculates the number of missed appointments every month, sets the friendly reminder phone (or SMS), and improves the effectiveness of appointments and service satisfaction rate.

5. Discussion

The old version of reservation registration is submitted through on-site, telephone and internet. Through manual registration by the staff, the patient's name, ID number number, contact number, home address, appointment date, appointment specialist, appointment method, whether to see a doctor, etc. are recorded. The procedures are complicated and the work efficiency is not high. In addition, each expert is limited to one number. The number source is limited, and the appointment is made at any time. A successful appointment can only guarantee the number of experts. I don't know when I can see the doctor on the same day. On the same day, the patient has to take the number at the prescribed place with the certificate and then queue up at the registration window to register. Compared with the previous version, the new registration method saves paper and procedures for manual registration and improves timeliness. Various ways have been added, such as self-service registration machine, digital TV, provincial reservation platform, and doctor's appointment, and an intranet HS system has been established to uniformly control the number source. Unified management of information; After entering the ID card, the patient's personal information can be called up directly, saving the time for each appointment and registration; The appointment was made in different time periods, from 08:00 to 09:00 in the morning, from 09:00 to 10:00, from 10:0011:00 in the afternoon, and from 13:30 to 15:00, from 15:00 to 16:00 in the afternoon. Patients can choose the time to see a doctor according to their own schedule of the day, arrange the medical treatment plan in advance, and effectively reduce the waiting time and reduce

the outpatient congestion. Standardized the management of out-patient doctors' visits and restrained doctors from stopping at random; The 24-hour reservation via internet and TV has greatly reduced the limitation of patients' appointment by the hospital's working hours, and increased the demand for appointment registration, so that the majority of patients have received real benefits. In addition, the hospital directly set up a special appointment registration window at the appointment center, so that patients can register directly after checking their certificates at the appointment center. It simplifies the process of patients taking the number first and then registering, and saves the time for patients to go back and forth and queue up repeatedly. We also input all the original cumbersome manual registration and appointment into the computer, and arrange the outpatient ward patients and medical and surgical patients in a certain proportion, saving manpower and material resources. Especially when the same patient needs to make several appointments at the same time, it can avoid the patient running back and forth between several departments. It can also make scientific overall arrangement according to various inspection requirements to avoid affecting the inspection results. The average hospitalization days were reduced by 11.2 days in 2011 and 10.8 days in 2012, and the utilization rate and turnover rate of hospital beds were increased.

6. Conclusions

In recent years, the application of computer technology in hospitals at all levels in China has continued to deepen, and many clinical departments and departments are highly dependent on information network systems. Therefore, we must ensure the integrity of HS data and the continuity of hospital business. With the continuous promotion of hospital information construction, we should attach great importance to the data security of HSS in the network environment and start from the overall situation. Comprehensively understand various hidden danger factors in the operation of HS, and combine various effective prevention technology methods to ensure that HS plays a good economic and social value.

References

Christian, N., Bottner, R., Baysinger, A., (2021). Hospital buprenorphine program for opioid use disorder is associated with increased inpatient and outpatient addiction treatment. *Journal of Hospital Medicine,* 16(6), 345–348.

Geiger, I., Kammerlander, C., Höfer, C., (2021). Implementation of an integrated care programme to avoid fragility fractures of the hip in older adults in 18 Bavarian hospitals–study protocol for the cluster-randomised controlled fracture liaison service FLS-CARE. *BMC geriatrics,* 21(1), 1–10.

Paldán K, Steinmetz M, Simanovski J., (2021). Supervised exercise therapy using mobile health technology in patients with peripheral arterial disease: Pilot randomized controlled trial. *JMIR mHealth and uHealth*, 9(8), e24214.

Safdar, K. A., Emrouznejad, A., Dey, P. K. (2020). An optimized queue management system to improve patient flow in the absence of appointment system. *International Journal of Health Care Quality Assurance,* 33(7/8), 477–494.

Sweet, B. V., Schwemm, A. K., Parsons, D. M. (2011). Review of the processes for FDA oversight of drugs, medical devices, and combination products. *Journal of Managed Care Pharmacy,* 17(1), 40–50.

Viglione, J., Nguyen, T. (2022). Changes in the use of telehealth services and use of technology for communication in US community supervision agencies since COVID-19. *Criminal Justice and Behavior,* 49(12), 1727–1745.

Wolff, D. L., Waldorff, F. B., Von, Plessen. C., (2019). Rate and predictors for non-attendance of patients undergoing hospital outpatient treatment for chronic diseases: a register-based cohort study. *BMC health services research*, 19(1), 1–11.

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

Recebido/Submission: 19/10/2022
Aceitação/Acceptance: 17/12/2022

Construction of Assessment Index System Model of Higher Art Teaching Quality Based on Fuzzy Clustering Algorithm

Xueyan Wang[1,2]

lan7071dengmeikua@163.com

[1] Panyapiwat Institute of Management, Bangkok, 11120, Thailand

[2] Hezhou University, Hezhou Guangxi, 542899, China

Pages: 511-516

Abstract: To improve the instructional quality, the school must first improve the instructional quality, and the instructional assessment is to judge whether the instructional quality meets certain requirements. Therefore, an objective, fair, scientific and effective assessment of teachers' instructional quality is crucial to the survival and growth of schools. In classroom teaching, students have the most direct observation of teachers' teaching behavior, and the relationship between teachers' teaching and students is the closest. Therefore, students are most qualified to be the subject of instructional assessment. It is difficult to have a quantitative index for the assessment of instructional quality, which is unfavorable for improving teachers' teaching level and optimizing teachers' structure reasonably. Most of the criteria and indicators are fuzzy or uncertain, and it is difficult to deal with them by classical mathematical methods. This article puts forward an assessment model of higher art instructional quality based on fuzzy clustering algorithm (FCA), comprehensively assesses the classroom instructional quality of higher art teachers, and puts forward relevant teaching suggestions to help teachers improve their instructional quality.

Keywords: Art Education; Instructional Assessment; Fuzzy Clustering

1. Introduction

With the expansion of the scale of tertiary education, it has become an important part of school instructional management to consolidate and strengthen the suggestions of teachers and promote the improvement of teachers' teaching level. Based on the characteristics of classroom instructional quality, it is impossible to assess classroom instructional quality completely objectively and subjectively. Because many indicators

used for instructional assessment are fuzzy, or classroom instructional quality assessment is a fuzzy phenomenon. Determining the correct assessment standard is the key to the whole classroom instructional assessment. Using modern assessment theories and methods to make comprehensive value analysis and judgment on teachers' teaching activities and phenomena will play a very important role in implementing quality education, improving school instructional quality and scientific education management. Various characteristics of education constitute the complexity of the state of education, which is closely accompanied by the fuzziness of educational phenomena. For this reason, the quantitative assessment of educational problems is much more difficult than the measurement and statistics of physical phenomena. This difficult problem of educational assessment research has been solved to a great extent with the birth and transplantation of fuzzy mathematics.

The assessment of art education in universities has the functions of guiding, regulating, encouraging and appraising art education, and can promote the realization of the goals of art education in universities (Jahantigh & Ostovare, 2022). To improve the instructional quality, the school must first improve the instructional quality, and the instructional assessment is to judge whether the instructional quality meets certain requirements Therefore, an objective, fair, scientific and effective assessment of teachers' instructional quality is crucial to the survival and growth of schools. In the practice of quantitative assessment, the total score or average score of multiple factors is often used as the basis for the assessment conclusion, so as to reach the final conclusion of the assessment and realize the appraisal function of the assessment. As it is difficult to have a quantitative indicator for the assessment of instructional quality, it is unfavorable for improving teachers' teaching level and optimizing teachers' structure reasonably. Most of the criteria and indicators are fuzzy or uncertain, and it is difficult to deal with them by classical mathematical methods. Mathematics is an effective method to study and deal with the above-mentioned uncertain problems, and it has its unique superiority in measuring the instructional quality (Wang, 2020). This article puts forward an assessment model of higher art instructional quality based on FCA, comprehensively assesses the classroom instructional quality of higher art teachers, and puts forward relevant teaching suggestions to help teachers improve their instructional quality.

2. Instructional Quality Assessment System

Nowadays, more and more people have realized the importance of the reform of art education, and all universities in China have comprehensively promoted the education reform. At the same time, there are some problems, such as the lack of clear policy norms and assessment standards, the lack of unified guidance and authoritative assessment of educational courses offered by universities, and the difficulty in judging the effectiveness of the reform achievements and the promotion of talent cultivation in universities. With the rapid growth of big data, it is both an opportunity and a challenge for art education. The influence of big data on education can promote the growth of education and teaching, and realize the reform of education in China. Constructing the assessment system of instructional quality in the new era is driven by the times. The amount of high-level talents in universities plays a certain role in the assessment of instructional quality. Discipline construction, teacher training and further study will all promote the

progress and growth of teachers (Yang, 2018). Universities should pay attention to the continuous improvement of teachers, specialty construction and scientific research construction. In traditional teaching, data collection is mostly static data such as test scores and academic achievements, while instructional quality assessment based on big data can collect dynamic data in students' learning process, which pays attention to the teaching process (Zhang, 2020). By comprehensively and objectively collecting all kinds of information and carrying out educational analysis under the condition that the data are true and effective, the scientificity and credibility of instructional quality assessment can be improved (Zhou, 2017). The assessment model of college students' art education is shown in Figure 1.

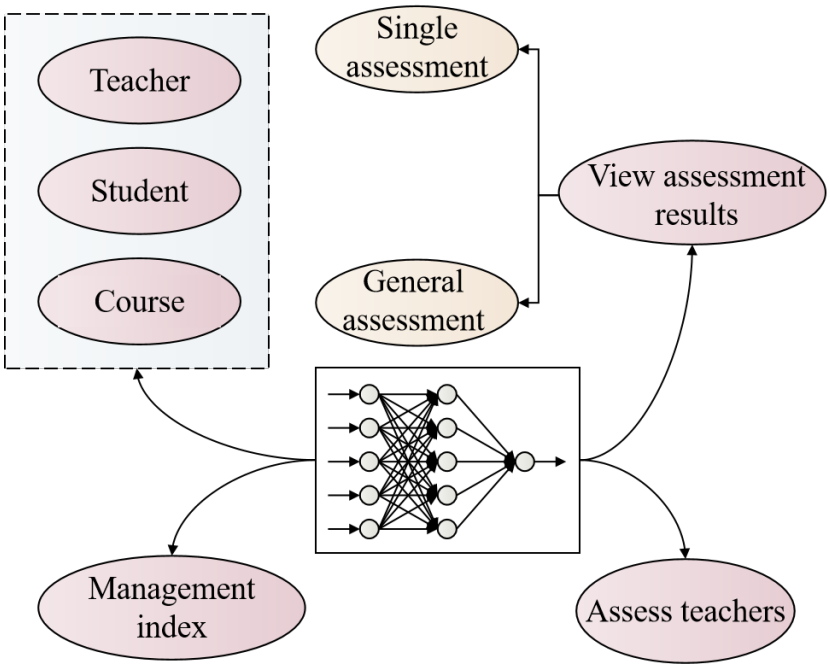


Figure 1 – Assessment Model of College Students' Art Education

The factors that make up complex things have different influences on the existence and growth of things. Therefore, when using each effect to reflect and describe the outline and state of things, their functions are also different. Because indicators are derived from objectives, and the high-level elements in the system are actually educational objectives, the indicator system is also called the target system. It can be seen that the establishment of a scientific index system is an important preparation for assessment and the basis of scientific assessment activities. In the process of instructional quality assessment, the collected data should contain all aspects of educational assessment content as much as possible to improve the quality of data [13,14]. Therefore, universities need to create intelligent learning environment and facilities for students. After obtaining massive data, universities can use big data technologies such as data mining and association analysis

to obtain deeper education and teaching information and extract useful information. At the same time, they can also use visualization technology to realize visual analysis of education assessment.

3. Cluster Analysis Process

With the advent of the era of big data, it is possible to use big data to drive the reconstruction of art instructional assessment system in universities. Combined with the research and analysis of the characteristics of big data, the following points are obtained. In the assessment of traditional art teaching in universities under the background of big data application, the assessment of students mainly depends on students' achievements, and the assessment of art teachers mainly depends on personal subjective impressions, so the assessment is incomplete and objective. However, through the application of big data, we can accurately record the art classroom situation and assess it on the basis, so that art teachers and students can know themselves more comprehensively and objectively, and provide scientific assessment methods for art teachers and students. The flow of higher art education assessment algorithm based on FCA is shown in Figure 2.

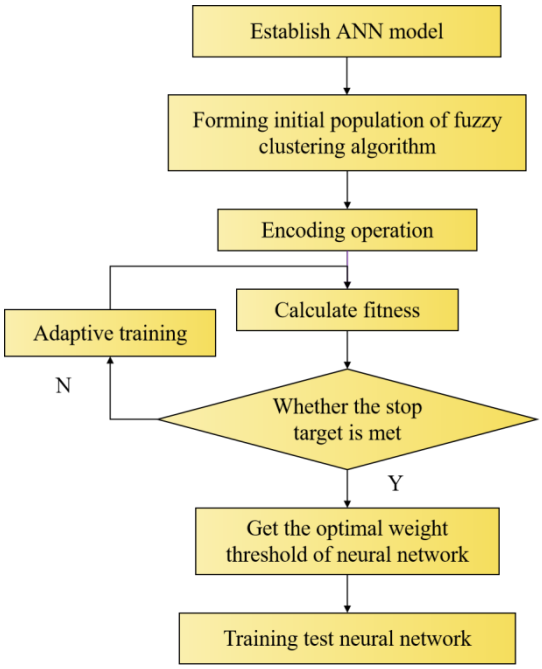


Figure 2 – Flow Chart of Higher Art Education Assessment Algorithm Based on FCA

Understand correctly the value, significance and purpose of instructional quality assessment, which is the basis of quality improvement. By evaluating the instructional quality in universities, we can find out the specific problems in the process of art education, and solve and improve them. The diversity of assessment content is the

diversity of content. For example, when evaluating students' art teaching, we should not only assess their artistic skills and theoretical knowledge, but also assess their learning attitude, learning ability and the progress of motor skills.

Through information technology, we can connect all kinds of information management in universities, and form an integrated system of data sharing, so as to collect and summarize all kinds of students' data. Let S be a set containing s data samples, and the category attributes can take m different values, corresponding to m different categories C_i, $i \in \{1,2,3,\ldots,m\}$. Assuming s_i is the number of samples in category C_i, the amount of information needed to classify a given data object is:

$$I(s_1, s_2, \ldots, s_m) = -\sum_{i=1}^{m} p_i \log(p_i) \tag{1}$$

Where p_i is the probability that any data object belongs to category C_i, which can be calculated by s_i / s. If the state equation of the student body in the model is:

$$\dot{x}_i = u_i(x_i \in R) \tag{2}$$

The mathematical expression of the continuous consistency protocol is:

$$u_i = \sum_{i \in N} a_j \left(x_j - x_i\right) \tag{3}$$

If the state equation of the agent in the system is:

$$\dot{x}_i(k+l) = x_i(k) + u_i(k) \tag{4}$$

Then a discrete consistency protocol is adopted:

$$u_i = \varepsilon \sum_{j \in N_i} a_j \left(x_j(k) - x_i(k)\right) \tag{5}$$

Timeliness refers to the timeliness of assessment, analysis and feedback, especially the openness and timeliness of feedback in the assessment system of art teaching in universities. The collected assessment data will be processed and analyzed by big data, and the results presented will be open to art teachers and students, which can make teachers and students know their state in art class more clearly, and can also supervise the implementation of art instructional assessment in universities. Art education is the quality education for all students' all-round development, the basic quality education to improve each student's artistic aesthetic accomplishment, rather than the vocational training education for a few students to improve their artistic skills and skills. Exploring the assessment system of art education in universities will greatly promote the healthy

growth of art education in universities and promote the comprehensive reform of art education.

4. Conclusions

To improve the instructional quality, the school must first improve the instructional quality, and the instructional assessment is to judge whether the instructional quality meets certain requirements. The assessment of art education in universities has the functions of guiding, regulating, encouraging and appraising art education, and can promote the realization of the goals of art education in universities. The various characteristics of education constitute the complexity of the educational state, which is closely accompanied by the fuzziness of educational phenomena. For this reason, the quantitative assessment of educational problems is much more difficult than the measurement and statistics of physical phenomena. This article puts forward an assessment model of higher art instructional quality based on FCA, comprehensively assesses the classroom instructional quality of higher art teachers, and puts forward relevant teaching suggestions to help teachers improve their instructional quality. To construct an assessment system of teachers' classroom instructional quality with students as the main body and make it play the role of promoting teaching by assessment, it is necessary to objectively and fairly determine the weights of assessment indexes at all levels, in addition to selecting the indexes that can best reflect teachers' classroom instructional quality.

References

Jahantigh, F. F., Ostovare, M. (2020). Methods and Instruments Application of a Hybrid Method for Performance Assessment of Teaching Hospitals in Tehran. *Quality management in health care,* 29(4), 210-217.

Wang, B. B., (2020). The present situation and growth of modern art education in universities. *Food Research and Development,* 394(21), 244-244.

Yang, L., (2018). Fuzzy cluster correlation mapping for online assessment of teaching efficacy towards IoT study. *Cognitive Systems Research*, 52(12), 365-370.

Zhang, H., (2020). On the sustainable development path of public art education in universities. *Educational Theory and Practice,* 40(12), 3.

Zhou, X., (2017). Overview of hot issues of art education in China in 2016. *Art Review,* 12(3), 5.

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

Recebido/Submission: 30/10/2022
Aceitação/Acceptance: 31/12/2022

New Strategy of Communication System Server State Based on QSC Algorithm

Guo Tao[1], Thelma D. Palaoag[1]

t-g6558@students.uc-bcf.edu.ph; tdpalaoag@uc-bcf.edu.ph

[1] College of Information Technology and Computer Science University of the Cordilleras, University of the Cordilleras, Philippines

Pages: 517-525

Abstract: At present, the Android platform has been applied more and more widely, and the research on the design and implementation of its communication system is urgent and necessary. A new strategy based on server state and request information is proposed to reduce response time. The mechanism of the algorithm is to classify the influence degree of the client's request content on the server, and set the corresponding weight. At the same time, with the server performance parameters and load conditions, the lightest load is allocated to the server. The experimental results show that the algorithm can make full use of the existing software and hardware resources, effectively balance the load of the Web cluster server and make full use of the service resources.

Keywords: Android Platform; Communication System; Web Server; Load Balancing

1. Introduction

At present, the instant messaging software popular in the communications market is divided into PC and Android according to the operation platform. The first category is basically mature in terms of technology and function, and the market is basically saturated (Cai, 2017). With the withdrawal of NOKIA's Symbian system from the mobile communication market, the latter is mainly aimed at Android intelligent equipment at the present stage. It has a huge development space in technology, and the function needs to be further optimized and perfected, and the market demand has an immeasurable potential (Deng & Kaixiong, 2017). The development hotspots of instant messaging software in the next few years will no longer be limited to single system platform, but will focus on cross platform communication research. The application and improvement

of cross platform technology will bring new experience to mankind in the electronic world. Since the Android system developed by Google has become the pride of the times, more and more Android communication devices have been integrated into people's lives. The advent of the Android system makes the "multifunction" of communication better reflected, and the value of future communication will be the realization of the cross platform high quality communication between the popular tablet computer in the electronic market, the Android smart phone and the traditional PC machine (Guo & Lv, 2018). With the security of communication environment under the Android platform becoming the focus, the communication security of open Android platform has been attracting more and more attention. Security technology also needs to find the best solution under this new platform. In view of the need for long-distance image transmission in engineering construction, the study of image transmission security under the Android platform is of great significance (Lu & Pei, 2017). At present, the Android system platform is becoming more and more mature. The technical background of this research is carried out under this premise.

2. Related Work

With the development of mobile communication and the popularization of Internet to mobile terminals, the demand for mobile terminals by network and users is getting higher and higher. And Symbian, Windows Mobile, Iphone OS and other mobile platforms are too closed. With the continuous development of the communications industry, smart phones are also developing to the PDA, which integrates call, Internet, multimedia and mail (Wu, 2017). Android supports wifi, adopts webKit browser, has pushmail, Google map and search and many other network applications. Its appearance is refreshing, and its development is the inevitable trend of the combination of mobile phones and the internet. Android includes operating system, middleware and some key platform applications, which is a truly integrated open platform for mobile devices (Xiang & Hu, 2016). Android is an open source software that allows all vendors and individuals to develop on the basis of Linux+Java. The opening characteristics of the Android platform can not only help to reduce the cost of development, promote the innovation of technology, but also enable the operators to customize their own characteristic products conveniently, and have considerable potential for market development (Xiang et al., 2017). The design of Android in the framework consists of an application layer of a set of core applications, providing a layer of application frameworks that include the repositories of the various forms of the system and the application layer that requires the API interface. The core library of Android provides the vast majority of functions provided by the Java class library, and each Android application runs on its own process. The design of Android in the framework consists of an application layer of a set of core applications, providing a layer of application frameworks that include the repositories of the various forms of the system and the application layer that requires the API interface. The core library of Android provides the vast majority of functions provided by the Java class library, and each Android application runs on its own process (Zhang et al., 2016). The bottom is the inner nuclear layer that provides security, memory management, process management, network group, driver module and hardware abstraction layer.

3. Methodology

3.1. QSC Algorithm Elaboration

In order to achieve high throughput and minimize user response time, two static and dynamic parameters are selected to reflect the performance of the communication system server. For the static performance parameters, the performance of the Web server's own server is determined by the hardware and software configuration, so some data that can reflect the hardware characteristics of the communication system server are selected. When the cluster server works, the parameters do not change with the work, so these are called static performance parameters, which specifically include CPU processing capabilities and memory parameters. For dynamic load parameters, some parameters change with the operation of the system during the operation of the system. The system needs to determine the balance of the system load according to the change of the load parameters of the communication system server, so the dynamic parameters are called dynamic load parameters. The dynamic load parameters selected by the system include processor utilization, memory utilization and network traffic.

For the type of request, according to the classification of multimedia, dynamic page type, transaction type and release type, the weight is gradually decreasing. Once the connection number of the communication system server exceeds the limited threshold, the view can be obtained, and the limited threshold is determined by the ability of the communication system server. At this time, the processing time will increase significantly, forming a critical state, and the value of this restriction is the key number. In order to make the performance of the communication system server well guaranteed, the number of connection numbers of the communication system server can be reduced as much as possible, and the overload of the communication system server is determined by whether the number of connections exceeds the limit value. In the Web cluster system, there are M servers in the list of cluster communication system servers, and the N class requests R (i), 1≤i≤N; By lookup SMT lists, each request is given to a specific value w [i], 1≤i≤N; Then the request load of the communication system server j is like formula (1):

$$Load[j] = \sum_{i=1}^{N} R(i)[j]^{*} w[i] \tag{1}$$

R (i) is R (i) request to connect to server j, then the request load of server j is formula (2):

$$Load[j] = \sum_{i=1}^{N} R(i)[j]^{*} w[i] w + [k] \tag{2}$$

The communication system server j has processed the request R (i), and the request load of the communication system server j is formula (3):

$$Load[j] = Load[j] - w[i] \tag{3}$$

The load balancing judgment method is explained again: Read the contents of every row in the cluster communication system server table, and write an array of records. Each record represents all the information of the communication system server. For the first communication system server information (M server) working in the array, assuming that the benchmark, the other normal servers (assuming I server) information and the benchmark information server are weighted comparison of the formula (5), such as (4):

$$\text{ratio} = \alpha \times \frac{\lambda 1_i \times C_i}{\lambda 1_M \times C_M} + \beta \times \frac{\lambda 2_i \times M_i}{\lambda 2_M \times M_M} + \gamma \times \frac{N_i}{N_M} + \theta \times \frac{R_i}{R_M} \tag{4}$$

In the formula, the specific meaning of each parameter is as follows: CPU processing capability is represented by λ1; The processing capability parameter of I CPU is expressed by λ1i; the CPU processing capability of the reference server is expressed by λ1M; The memory parameter is expressed by λ2; the memory parameter of the i server is expressed by the λ2i; The benchmark server memory parameter is expressed by theλ2M; C is used to express CPU. The usage rate of i server CPU is represented by Ci, so Cm is the utilization rate of the benchmark server CPU. The usage rate of memory is represented by M, so Mi means i server memory, and Mm represents the usage rate of benchmark server memory; Network traffic is represented by N, Ni is the network traffic of i server, and Nm is the base server network traffic; The request load is represented by R, then Ri is the hard disk transmission of i server, and Rm is the transmission volume of the base server hard disk; CPU comparison weights are expressed in α, and the weight value of memory comparison is expressed in β. The weight value of network comparison is expressed by γ. The weight value of the request load comparison is expressed with θ, and the initial values of these parameters are all 1.

According to the actual situation of cluster operation, one weight can be increased or reduced to emphasize or reduce some aspects of load performance. When comparing server CPU, memory, network and load performance, the static parameters and dynamic load of these hardware are taken into account. From the list of cluster servers, two of the lightest servers currently loaded are calculated. On the one hand, the load of the communication system server is continuously calculated, which reduces performance. On the other hand, if two very heavy loads are placed on the same server, the communication system server may respond to the customer's request very slowly. To solve the above two problems, a random probability model is adopted to minimize the load strategy in the cluster server list. First, the probability space is determined for each server according to the comparison of weights, and the space of the cluster server system is 1. When a new request task arrives at the distributor, a random number between the [0, 1] is calculated. The forwarding target server is determined according to the points in the random number in the probability space. For a communication system with relatively small relative weight, it has a higher probability of distribution because it has a larger probability space, that is, it is assigned more request tasks. At the same time, each transmit is a separate event, which is not affected by the last forwarding and does not affect the next forwarding operation. Therefore, a more uniform forwarding effect can be achieved. This is an improved dynamic load balancing algorithm.

3.2. Architecture Design of Communication System Based on Android Platform

The architecture of communication system mainly includes five parts: Telephone application layer, application framework layer, library layer, kernel layer and baseband layer. The phone application layer, mainly for telephone, contacts, SMS, and the Internet and other applications related to the phone, is responsible for the completion of the invoke framework excuses, man-machine calls, and other functions of the implementation of reference. The application framework layer encapsulates the data transmitted by the phone application layer through the Phone related excuse, and sends it to RIL through Command Interface. RIL is responsible for packaging data, sending it to the underlying RILD layer through socket, and receiving feedback from RILD to the application layer. The kernel layer exists in the communication framework, and the kernel contains the driver of software and baseband communication, which is the abstraction layer between hardware and software. The baseband layer is an independent communication module, which is actually a wireless communication function. It can be seen as a hardware device, connected by standard RSR232 serial port, controlled by standard AT command, and can be replaced.

The core idea of the architecture design of communication system based on Android platform is to decompose it to zero, and to decompose and overcome it, so as to solve the problems of high availability, scalability and high performance. The whole platform architecture design: According to the end user oriented service mode, the whole structure is divided into three main service frameworks, communication system Web services, video services and file services. As shown in figure 1, these three services are directly facing end users. Tomcat application service cluster, MySQL database service cluster and storage are all located in the back end of Web service architecture, forming an internal network. In Tomcat application services, static file access services (such as CSS, JS, images, etc.) are also separated and provided by file services to end-users.

Web services consist of Web front-end services and back-end application services, as shown in figure 2. The Web front-end service is built by LVS and Nginx. lv works in network layer 4, and two LV hot backup servers provide services to end-users through VIP (virtual IP) through heartbeat detection. Receiving the user request will be sent to the Nginx server cluster by the lv load balancing policy. When the LVS host is out of service or the service is interrupted, the standby machine will immediately switch to the host, so that the LVS service will remain unchanged and the LVS service will be highly available. Nginx works at the seventh layer of the network, mainly responsible for reverse proxy, load balancing, URL forwarding, and other tasks, and forwards service requests to the back end application server Tomcat. When an Nginx fails or a service interruption occurs, the LVS service request will no longer be forwarded to the fault machine and reselect the available Nginx server, which makes the Nginx cluster highly usable. The back-end application service is located in the internal network, which is not open to the end users and it mainly composed of Tomcat application server clusters. The actual business logic handles the entire course of the entire platform, which is fully implemented by the Tomcat cluster. The front-end Nginx accepts the user's request in the form of a reverse proxy server, according to its own load balancing strategy, and forwards it to the back end Tomcat server in the cluster, and then returns to the client

request connection by the result of the Tomcat server. When the Tomcat outage appears or service interruption occurs, Nginx will not forward the request to the fault machine and reselect the available other Tomcat servers to achieve high availability failover of the Tomcat cluster. In addition, internal and external network isolation can be achieved through reverse proxy, but Tomcat application services and database services must also be included. It includes security protection for back-end application services, and can cache static files at the back end. The application server alleviated the pressure and improved the user access speed. With the application of the load balancing strategy, the front-end request is allocated to several different application servers on the back end, thus breaking the load capacity limit of the application communication system server and increasing the performance of the system exponentially.

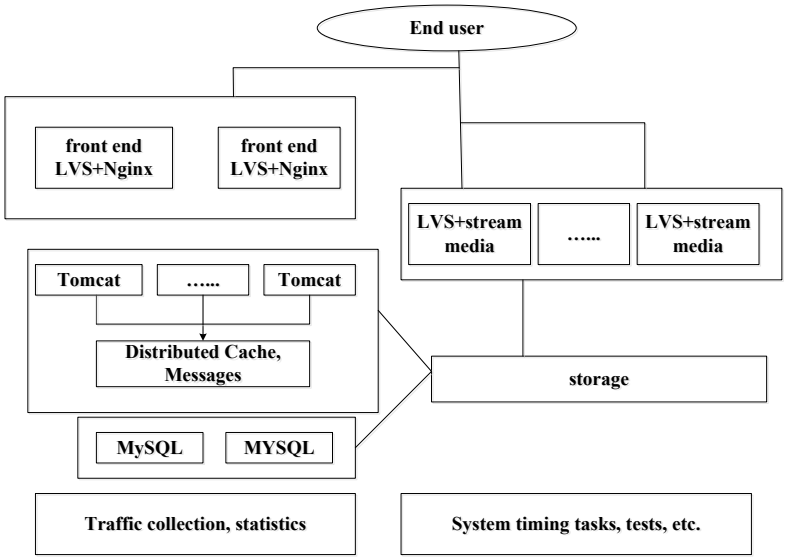


Figure 1 – The Overall Architecture of the Platform

4. Result Analysis and Discussion

The Web cluster server model of communication system based on Android platform consists of two key entities: Load balancer and server. The main purpose of simulation test comparison is to compare with other distributed algorithms to test the effectiveness of qscs load balancing algorithm. The model mainly includes load model and server processing time. First, processing time, because the analysis server response time model is more complex, it contains almost all aspects of the computer system. In the Web server model, there are three factors that affect the response latency: CPU, network and disk. The efficiency difference between network latency and disk and cache differences is not considered, but it does not affect the main purpose. Therefore, the response time formula =CPU handles time + memory read time. Processing time is only used to measure the performance of Web servers. In this strategy, the load handling time can be ignored relative to the server processing time. Combined with the actual measurement of Web

server, the corresponding weight values of some data in each reference document are given. Through the analysis of Web site logs, the distribution of requests on the network and the load of the simulation server are studied. The following three different request strategies are simulated: The minimum connection strategy, the random strategy and the QSC load balancing strategy, the minimum connection and the random selection as the benchmark. The throughput comparison of clustered server systems is shown in figure 3.

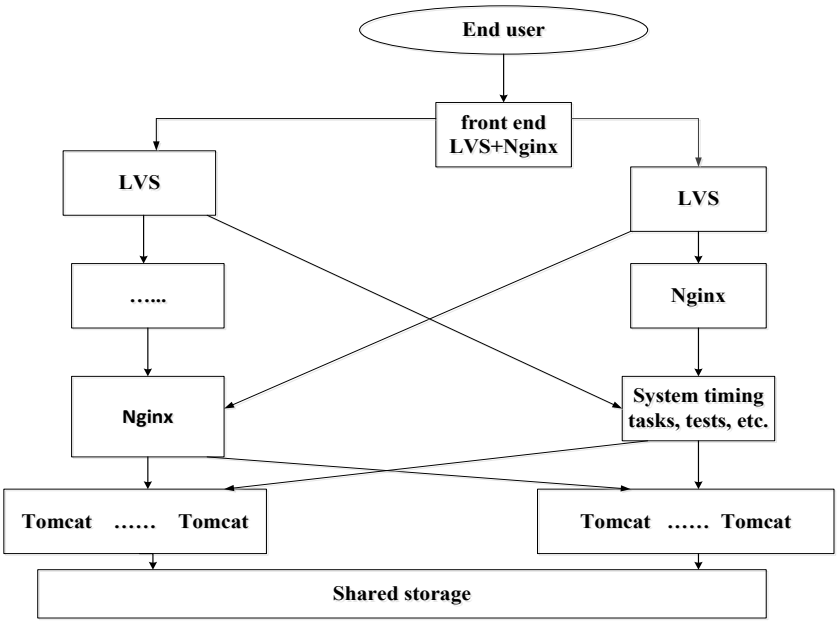


Figure 2 – Web Services Architecture

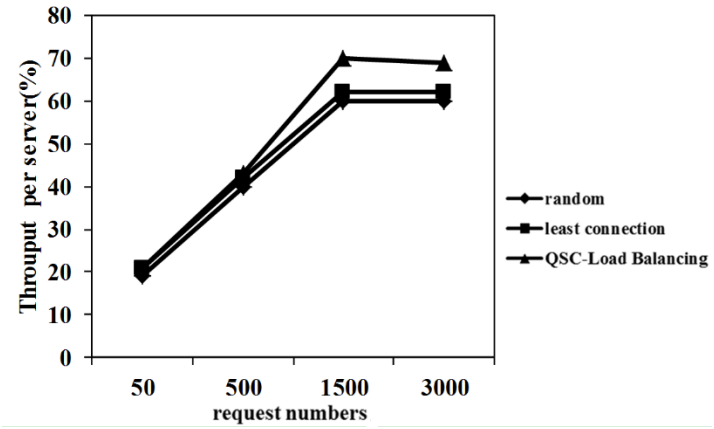


Figure 3 – Comparison of Cluster Server System Throughput

Under low load, the effect of QSC load balancing algorithm is not obvious. However, under moderate or heavy load conditions, this strategy can achieve high performance and some effects.

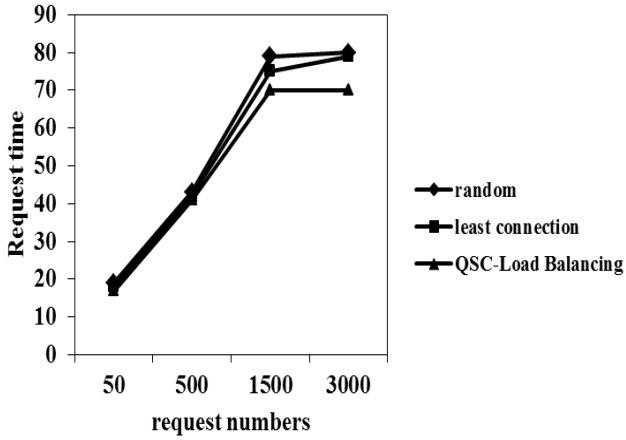


Figure 4 – Comparison of Cluster Server System Response Time

In order to simplify the complexity of the design of the communication module, the design of Android's communication module adopts a layered model, which makes each layer coordinate with each other efficiently and independently. When one of the layers changes, the other two layers are not affected, so that each layer is more flexible and more independent. Each layer only provides standardized interfaces to facilitate the replacement between modules, and enhances the portability of its platform code. At present, the smart computers on the market mostly adopt dual CPU architecture on hardware. One is the application processor, running the operating system and various applications. The other is the baseband processor, which mainly processes speech signal coding, digital signal and GSM, WCDMA communication protocol. Baseband processor, radio frequency and other peripheral chips as a module, become GSM/GPRS, WCDM Amodem, provide AT command interface. It is necessary to have a module responsible for reliable data transmission, AT command sending and response parsing in AP system. The Android system provides a module like RIL to meet our requirements.

The simulation results are as follows: Under low load, there is almost no difference between the three strategies. In the case of medium load, the QSC load balancing algorithm reduces the response time more significantly than the minimum connection strategy, and the random strategy is the slowest, because the request content can be identified accurately and the heterogeneity of the server is taken into account. The performance of QSC load balancing algorithm is better than benchmark test. Under heavy load, QSC load balancing algorithm is more effective. In summary, considering the content of the request and the QSC load balancing algorithm of the heterogeneous server, the simulation experiment results show that the QSC load balancing algorithm has good performance according to the distribution of the request content.

5. Conclusions

At present, the instant messaging software that is popular in the communications market is divided into the platform under the PC windows and the Android intelligent platform. The Android platform is very popular. By improving the static weighted polling algorithm built on the Android platform based communication system Nginx, a dynamic weighted polling algorithm is formed. The algorithm is implemented on the basis of Nginx. Finally, the effectiveness of the algorithm is demonstrated by experiments. Design related experiments. Experimental verification of the improved dynamic weighted polling algorithm is carried out, and the feasibility of the improved algorithm is verified by analyzing the experimental results. The experimental test environment is a communication system server cluster system built on the basis of Linux system by Nginx and Tomcat. Using performance testing tools Httperf and Autobench, the weighted polling algorithm built in Nginx and the third party load algorithm fair are compared with the improved dynamic load balancing algorithm. The comparison factors include user request response time and response per second. The experimental results are compared and analyzed, and actual concurrency peak of the dynamic weighted polling algorithm is more effective than that of the static weighted polling algorithm.

References

Cai, L. (2017). Research and development of information sharing communication system based on Android in student management department. *Wireless Internet Technology*, 10(5),65-68.

Deng, K., Kaixiong, S. U. (2017). Design and implementation of communication framework on Android capture module in video surveillance system. *Video Engineering,* 23(12),852-855.

Guo S, Lv W. (2018) Inter-process communication method based on application layer of android and basic application communication system*,* 44(17),845-849.

Lu Tan, Pei, Teng-da. (2017). Design of message communication system by Beidou satellite based on Android platform. *Information Technology,* 2 (111):414-418.

Wu, W. (2017). An improved real time communication system based on android operating system. *Boletin Tecnico/technical Bulletin,* 55(6),47-54.

Xiang, J., Hu, C. (2016). Based on the Android university multi-ethnic instant communication system design. *Automation & Instrumentation,* 77(26),958 - 966.

Xiang, R. Z., Shi, N., Wang, Y. (2017). Acoustic Communication System Based on Android Mobile Phone. *Computer Knowledge & Technology*, 58(101),118-120.

Zhang, B., Tang, A. D., Amp, X. S. (2016). Development of communication power supply monitoring system based on Android. *Chinese Journal of Power Sources,* 62(8),965-969.

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

Recebido/Submission: 14/07/2022
Aceitação/Acceptance: 28/11/2022

Analysis on Integration of Logistics Trade Resources and Global Competition of Ports Along the Belt and Road Based on Fuzzy Algorithm

Li Ye*, Xin Fang

6218331@student.krirk.ac.th

International College, Krirk University, Bangkok, 10220, Thailand

Pages: 526-536

Abstract: Under the background of the "Belt and Road", port logistics trade has ushered in a good opportunity for industrial upgrading. Under the influence of changes in the international logistics structure, the optimal combination of port logistics resources is required, combined with the specific evaluation of port competitiveness, which can effectively enhance the value and role of ports in global logistics trade. The fuzzy comprehensive evaluation model is introduced to comprehensively evaluate the logistics trade resources and competitiveness of the port, help identify the key factors restricting development, and promote the improvement of the level of quantitative scientific research in the next step. Simulation experiments show that this study can provide targeted suggestions for the integration of port logistics trade resources, lay a good foundation for enhancing the global competitiveness of ports, and has a wide range of application space.

Keywords: One Belt and One Road; Port Logistics; Resource Integration; Competitiveness Upgrade

1. Introduction

Marine ports are the most likely to create trade bottlenecks and develop asymmetric regions in the implementation of the national "Belt and Road Initiative" (Lyu et al., 2019). The logistics and trade industry of the port has an irreplaceable economic impetus for the surrounding radiated towns. Perfect logistics management system, advanced trade exchange forms, and efficient work management model have played a significant role in promoting the high-speed and high-efficiency operation of marine ports (Han et al., 2017). The level of logistics services at the port is an important basis for

the appreciation of goods from sea freight. Logistics service is one of the fastest growing emerging industries in the new century (Koh et al., 2020). Port logistics reflects a highly specialized level of management can provide users with the necessary logistics services, meet the specific needs of the user specified, so that the value of logistics services is fully reflected. In terms of optimizing resources, port logistics is mainly to improve the efficiency of inspections and customs clearance by reducing the stay period of goods at ports, and to reduce port management fees, so as to make users more acceptable to port logistics services (Qin, 2016). At present, the domestic port logistics has begun to be deployed by some specialized and large-scale enterprises. These enterprises often have a complete set of port trade information collection system, which can quickly play a role in the changes in the demand of the logistics market, thus effectively improving the overall logistics service process and level. The port is the starting point of logistics services and is an important connecting node for shipping and land logistics (Tan et al., 2020). The main business is to make effective use of trade resources, choose the most economical mode of transportation, and help users complete the storage, distribution, and trade export of goods. Only in this way can the port transportation be upgraded to logistics trade and effectively improve the company's global competitiveness.

2. Related Work

The collection, management, and integration of port logistics trade resources is a complex system project and cannot just stay in the simple synthesis of information (Wang et al., 2017). There are many types of factors that affect the competitiveness of port logistics companies. In addition to basic vessel docking and loading and unloading services, it is necessary to take advantage of the advantages of surrounding regional economic development to continuously improve the quality and efficiency of port logistics trade services so as to attract more users to choose the port as their own transit for goods transportation and distribution (Wang et al., 2016). In order to comprehensively study the competitiveness of logistics, in order to improve the competitiveness of logistics and trading companies, this paper introduces the fuzzy evaluation model, considers multiple factors in a fuzzy environment, and uses fuzzy transformation to provide a scientific reference for comprehensive decision-making on things. Evaluation is a cognitive process in which people evaluate the value and quality of a lesson against a certain standard (Xiao et al., 2017). Ambiguity refers to things that are intrinsically devoid of precise meaning, have no clear indicators of quantity, and whose boundaries are in an unclear state, are the transitional phases of things between apparent differences (Yao et al., 2017). Fuzzy set theory is the use of clear, unambiguous mathematical methods to study unclear, indeterminate vague things, and is a link between fuzzy cognition and precise mathematical models (Zhou and Zhu., 2017). Fuzzy comprehensive evaluation is one of the main methods of fuzzy systems and occupies an important position in the research of multi-objective decision-making. The fuzzy comprehensive evaluation is mainly applicable to the past qualitative research, through the introduction of mathematical models to help people find the law behind the things, make scientific qualitative evaluation.

3. Methodology

3.1. Fuzzy Comprehensive Evaluation Model

Evaluation is a pre-procedure for making decisions. The evaluation index is a set of data information that is closely linked and mutually restricted. This is a complete scientific structure system, mainly reflecting the various objectives required to solve the problem. Figure 1 is a flowchart of the implementation of a comprehensive evaluation method. In the actual evaluation, the evaluation model will show non-linear characteristics. Some indicators will be much higher than other indicators, which will directly have important and decisive influence on the evaluation results. A particular factor may play a decisive role in the overall evaluation. The outstanding impact of the indicators is mainly due to the fact that they cannot be reflected in the evaluation results simply by increasing the weights. At present, the weighted average method is the most used method of the evaluation system. However, this method also has the disadvantage that the outstanding impact on the indicators cannot be effectively tracked.

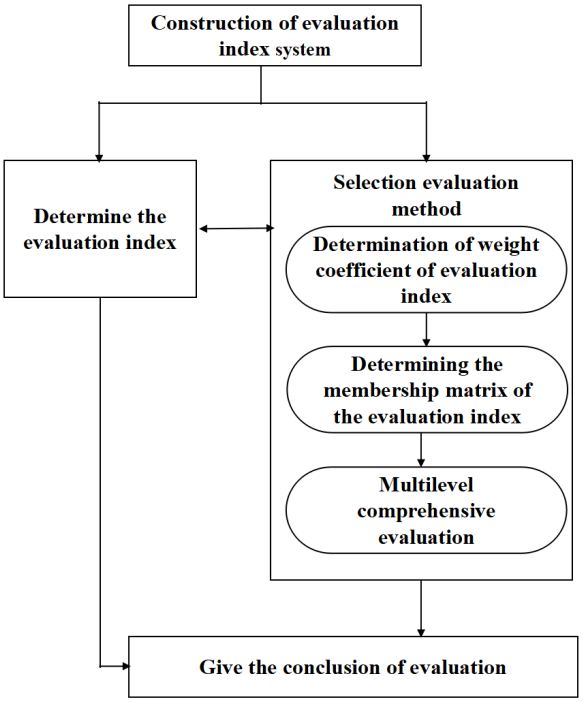


Figure 1 – The Realization Flow Chart of the Comprehensive Evaluation Method

The greatest influence on fuzzy comprehensive evaluation is to fully grasp the conditions of various factors. It is easy to judge things under a single deterministic factor. When things involve too many factors, it is necessary to comprehensively and comprehensively study the influence of factors, so as to find the decision that is closest to the actual

situation, and avoid the one-sidedness and limitation of evaluation based on individual factors. This is the core idea of making multi-objective decisions. Figure 2 is an infrastructure diagram of a fuzzy cognitive map. In practice, it is necessary to take into account different aspects of people's comprehensive evaluation of things. Sometimes the need is based on evaluation under the main factor. Sometimes we need to take into account other factors. We must also look for the influence of total factors. These are all needed. It is achieved through a different mathematical algorithm.

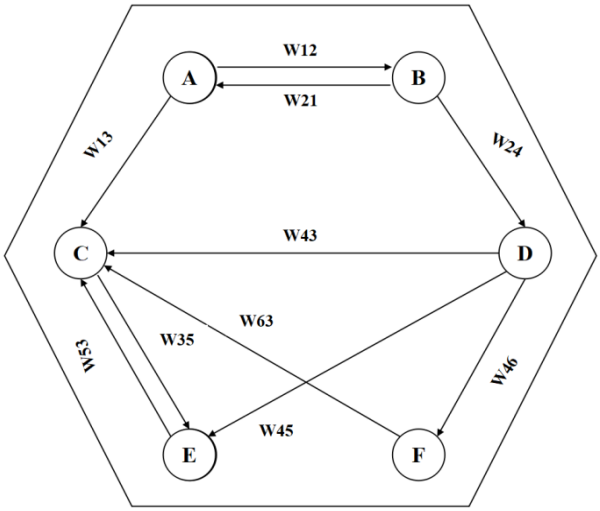


Figure 2 – The Basic Structure of Fuzzy Cognitive Map

In the fuzzy comprehensive evaluation model, it is mainly divided into first-level and multi-level types as the main classification rules. Established in the first-class evaluation type is a fuzzy multi-objective mathematical model. In the set of factors, each factor has different effects on the evaluation. Therefore, it is necessary to assign weights to the importance of evaluation according to various factors at the beginning of the establishment of the mathematical model. Here suppose that u is a fuzzy vector and the equation for u is shown in equation (1). Where a_i is the weight of the ith factor in u, and $\sum_{i=1}^{n} a_i = 1$.

$$A = \{a_1, a_2, \cdots, a_n\} \in F(U)$$
$$U = \{x_1, x_2, \cdots, x_n\}, Y = \{y_1, y_2, \cdots, y_m\} \tag{1}$$

In the fuzzy state, m comments cannot be affirmative or negative. In this case, the comprehensive evaluation can be regarded as fuzzy set $B = \{b_1, b_2, \cdots, b_m\} \in F(V)$ on V, where b_j is the jth kind of comment in evaluation target V. When $R + (r_{ij})_{nxm}$ represents the fuzzy relation matrix from U to V, this is R can be converted to T_R. At this time, the

formula of fuzzy mathematics for multi-objective decision making is formula (2), which consists of three elements of (U,V,R). The fuzzy comprehensive evaluation model can be expressed by formula (3).

$$\begin{aligned} &T_R \cdot F(U) \to F(V) \\ &A \to A \circ R \end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{aligned} &(b_1,b_2,\cdots,b_m) = (a_1,a_2,\cdots,a_n) \circ \begin{bmatrix} r_1 & r_1 & \cdots & r_1 \\ r_1 & r_1 & \cdots & r_1 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_1 & r_1 & \cdots & r_1 \end{bmatrix} \\ &b_j = \bigvee_{i=1}^{n} (a_i \wedge r_j), j = 1,2,\cdots,m \end{aligned} \tag{3}$$

When $b_k = \max\{b_1,b_2,\cdots b_m\}$ is set, a comprehensive decision b_k can be made on the matter based on the principle of maximum affiliation. At this time, a multi-objective fuzzy decision system with fuzzy change T_R as a converter can be obtained, as shown in figure 3. In the first-level fuzzy multi-objective mathematical model, the main factor operator is represented by $(\wedge,\vee)$, which is the largest number of factors. It has a direct impact on the evaluation results, and other factors' numerical changes will not affect the evaluation results. Among the generalized operators, $(\wedge,\bullet)$ and $(\oplus,\vee)$ are the types of operator with prominent main factors. They are characterized by higher accuracy of operators and evaluation results based on generalized operators. They can dynamically reflect non-major indicators in certain directions. The generalized operator $(\oplus,\bullet)$ is also a weighted average type operator. The most important feature is to reflect the integrity of this evaluation model. In the evaluation, the effects of different weighting conditions brought about by all the influencing factors will be comprehensively considered. In practical applications, it is rare that only one fuzzy change can be used to obtain the evaluation result.

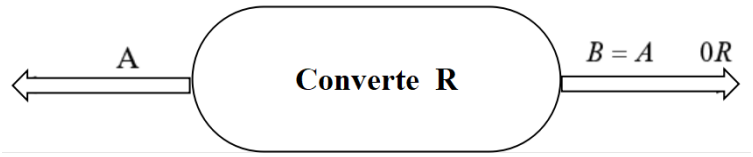


Figure 3 – Fuzzy Multiobjective Decision Making System

In the complex state, evaluation needs to consider many factors. At this time, we must focus on solving two problems. First, there are too many factors and the distribution of

weights is not good. Even if weights are assigned, the weight of each factor will be small. After the calculations do not reflect their respective values, the second factor is that they have different levels and categories, resulting in the weight can not reflect the normality. The algorithm process of the fuzzy mathematics model is to first divide the factor set U into S sub-factor sets according to attributes, $U_i = \{u_1, u_2, \cdots, u_m\}, (i = 1,2,\cdots,s)$. After one-level fuzzy multi-objective calculation is performed for each sub-factor, one-level evaluation vector can be obtained. Afterwards, the continuous fuzzy multi-objective calculation is continued, and finally the result of the secondary multi-objective fuzzy calculation is obtained $B = A \circ R = (b_1, b_2, \cdots, b_m)$. In this case, several fuzzy calculations are required to obtain the evaluation result of the optimal value, that is, the most commonly used multi-level fuzzy multi-objective mathematical model.

3.2. Fuzzy Comprehensive Evaluation Model Optimization Strategy

The choice of weight index determines the accuracy and effectiveness of the fuzzy comprehensive evaluation model and directly determines the scientific and advanced nature of this evaluation result. Therefore, the optimization of the fuzzy comprehensive evaluation model is mainly studied from the method of determining the weight. At present, there are many starting points for research on weights. There are different methods of valuation, starting from the objective and subjective. The scientific and reasonable method of weight assignment mainly considers two aspects. One is the degree to which the evaluation factor should reflect the influence of the evaluation model; the other is that when multiple evaluation factors influence the evaluation at the same time, they must effectively reflect the relationship between factors. And function. In the traditional fuzzy comprehensive judgment method, the weighting method is used to determine the weight, and the operation is more objective and simple. It can also reflect the basic principle that the larger the factor is, the greater the weight is. However, the main problem is that when the factor is active and does not appear at the same level, It is not easy to judge the factors separately; when the participating evaluation factors are too many, the factor weights will be too small and the factor information will be lost. Third, if the two types of factors belong to different categories, the impact on the weights will affect the weights more. The larger the situation, the different growth criteria for the adjacent two levels of different evaluation factors will lead to confusion in the order and arrangement of the evaluation model. The distance method is used to modify the weight of the model. The formula is $a_i = \begin{cases} 1 & x_{ij} < c_{ij} \\ j + \dfrac{x_{ij} - c_{ij}}{c_{i,j+1} + c_{ij}} & c_{ij} \le x_{ki} \le c_{i,j+1} \\ t & x_{ki} > c_t \end{cases}$. x_{kj} represents the actual value of the i th evaluation factor; C_{kj} represents the j th level of the j th evaluation factor; j is the number of evaluation criteria; t is the maximum number of criteria in the evaluation model. The result obtained by using the equation can be used as a standard for numerical normalization so that a weight vector $A = (a_i)_{i \times n}$ can be calculated. Figure 4 is a flow chart of the parallel optimization normalization method.

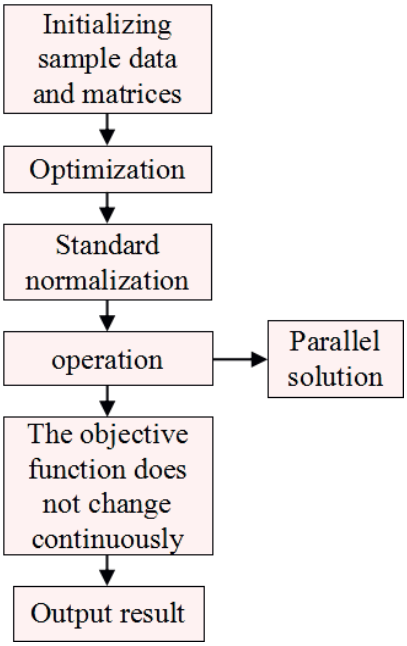


Figure 4 – Parallel Optimization Flow Chart

Use the improved analytic hierarchy process to correct the weights. The traditional AHP method is influenced by human subjective judgment when calculating the weights, so it needs to be adjusted several times and use the consistency test, which will affect the objectivity and accuracy of the comprehensive evaluation model. This paper introduces the optimal transfer matrix to optimize and update the analytic hierarchy process. It mainly uses the one-off test in matrix judgment to effectively reduce the influence of man-made. The matrix $K=(k_{ij})_{n\times n}$ is first judged according to the structure of the scale method, and the antisymmetric matrix formula $K=(k_{ij})n\times n, k_{ij}=\lg k_{ij}$ is obtained, and then is based on the quasi-optimum matrix $K^*=(k^*_{ij})_{n\times n}$ of K, where $k^*_{ij}=10^{d_{ij}}, d_{ij}=\sum_{t=1}^{n}\frac{k_{it}-k_{ij}}{n}$. After the final normalization operation, the weight vector A is calculated. FIG. 5 is a flowchart of a hierarchical analysis.

To form a new model of fuzzy comprehensive evaluation on the basis of optimized weights, we first need to determine the synthetic operator based on the fuzzy matrix for the fuzzy comprehensive evaluation model. Among them, $\Delta=(\lambda_1,\lambda_2,\cdots,\lambda_n)$, it shows the extent to which the indicator has a prominent influence on the final evaluation structure. When $\lambda_i\geq 1$, $i=1,2,\cdots,n$, the evaluation structure will receive more and more influence. When the indicator does not have a significant influence on the evaluation, $\lambda_i=1$ may be set, or an integer greater than 1. At this point, the composition operator must satisfy two characteristics. If $x_i>x_i(1,2,\cdots,n)$, then $f(A;X_1,X_2,\cdots X_N;\Delta)$, this is because the function is monotonically increasing the characteristics of X determined, indicating that all the evaluation of an evaluation object is higher than the other evaluation object, then

its evaluation results should also be compared to another evaluation result it is good. $\lim_{x_1 \to x_2} f\left(A; X_1, X_2, \cdots X_N; \Delta\right) = f\left(A; X_1, X_2, \cdots X_N; \Delta\right)$, which shows that in the case of the increase in the value of each evaluation index can increase the final evaluation results, this increase should be continuous, stable, and can not jump, interval and other situations. The optimized and updated fuzzy comprehensive evaluation process is shown in Figure 6.

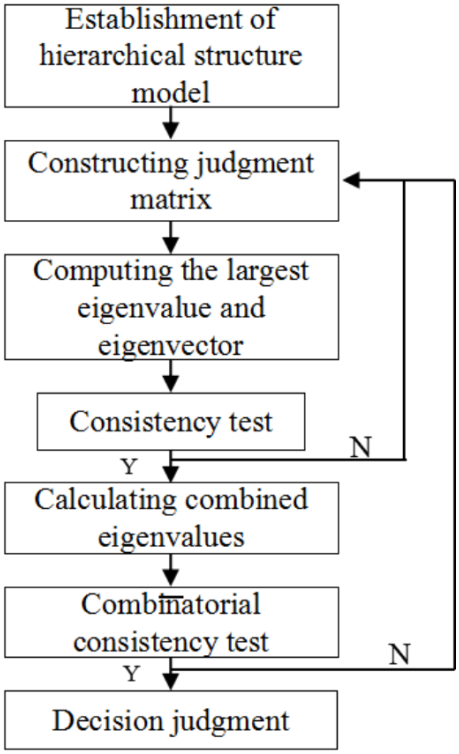


Figure 5 – Analytic Hierarchy Process Flow Chart

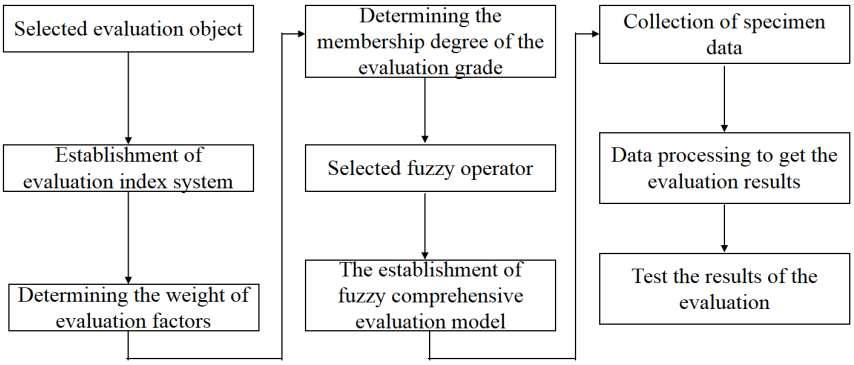


Figure 6 – Fuzzy Comprehensive Evaluation Process

4. Result Analysis and Discussion

In order to verify the performance of the fuzzy comprehensive evaluation model proposed in this paper, the domestic M-port logistics trade industry was selected to carry out the algorithm simulation experiment. Mainly from the perspective of global trade, it collects data on the factors that affect the competitiveness of M-Port logistics trade, and then applies a fuzzy comprehensive evaluation model to put forward a comprehensive evaluation opinion. The experiment first establishes a database for the factors that are needed for the fuzzy comprehensive evaluation model. From the external environment of the port, the economic development environment of the region, port infrastructure, port operations, and port cargo transportation, we can evaluate the direct impact on port logistics development. After that, these five factors were subdivided. In the external environmental factors of the port, it is necessary to consider the integration of the port in global trade, the development of foreign trade in the port where it is located, the degree of participation of the port in the global trade economy, and the related policy support provided by the government. In the environmental factors of the economic development of the area where the port is located, the details are the natural conditions of the port, the total annual economic volume of the port, the total foreign trade of the port, the total amount of global trade in the port area, and the industry that depends on the development of the port happening. In the infrastructure of the port, the daily throughput of the port, the capacity of the container terminal, and the comprehensive management coordination of the port information should be considered. The operating capacity of the port mainly includes the capacity of containers, the total number of international containers, the situation of international shipping lines, and the total traffic volume. In terms of port cargo transportation, it is necessary to consider the combined transport capacity of sea and land transport and the total transport capacity of road transport. After analysis, the evaluation index weight distribution table is obtained using the mathematical equation $\alpha_k = \sum_{i=1}^{k} x_i n_i$. As shown in Table 1. Where Xi is the number of weights and Ni is the frequency, which is the frequency wi.

Serial Number	u1			u2			u3			u4		
	Xi	Ni	wi	Xi	Ni	wi	Xi	Ni	wi	Xi	Ni	wi
1	0.16	1	0.0465	0.16	1	0.048	0.21	5	0.125	0.11	5	0.229
2	0.21	4	0.1861	0.18	6	0.287	0.26	3	0.229	0.13	1	0.046
3	0.25	5	0.2268	0.26	5	0.189	0.29	1	0.139	0.16	5	0.183
4	0.26	2	0.0462	0.28	2	0.045	0.32	6	0.048	0.21	7	0.368
5	0.31	8	0.4069	0.31	6	0.317	0.36	5	0.334	0.32	3	0.138
6	0.35	1	0.0465	0.36	4	0.138	0.42	1	0.089	0.41	1	0.045
7	0.42	2	0.0455	0	0	0	0	0	0	0	0	0
∑		23	1		24	1		21	1		22	1

Table 1 – Evaluation index weight distribution table based on mathematical statistics

The experiment uses a lot of data to verify the algorithm. Figure 7 shows the changes in the classification and recognition accuracy of the competitiveness evaluation of the logistics and trade industry. It can be seen from this that if more input data is used. The accuracy of competitiveness evaluation will be higher.

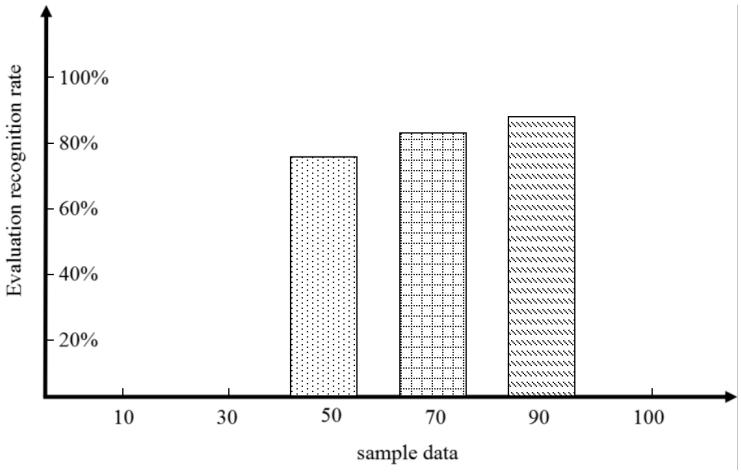


Figure 7 – Correct Recognition Rate of Examination and Evaluation

From the experiment, the final fuzzy comprehensive evaluation result for the competitiveness of M port logistics trade is B=(0.126, 0.234, 0.389, 0.189, 0.057). This result represents that the trade competitiveness of the logistics industry is at the midstream level and its competitiveness is not strong. In response to this result, combined with the analysis of the five major categories of influencing factors, the suggestion for M Port to improve the integration effect of logistics resources and enhance global competitiveness is to proceed from the perspective of differentiated development and combine the characteristics of the economic development of the region in which Optimize the layout of resources and increase the degree of industrial agglomeration. We must focus on the development of coastal industries, and build new energy companies using tidal, wind, and solar energy around marine bio-engineering and ocean-based pharmaceutical industries. Driven by these emerging economies, the port logistics trade will be promoted to go abroad to the world.

5. Conclusions

The fuzzy comprehensive evaluation model is a mathematical tool based on the principle of unified mathematics. It can help people move from the qualitative evaluation in the past to the quantitative scientific evaluation and has been widely used in many fields. Therefore, this paper proposes to use the fuzzy comprehensive evaluation model to study the integration of port logistics trade resources and the promotion of competitiveness in the context of the Belt and Road Initiative. Firstly, based on the characteristics and advantages of fuzzy theory, the basic model structure of fuzzy evaluation is analyzed, and the basic framework of multi-objective multi-level comprehensive evaluation model is put forward

based on fuzzy theory. Afterwards, based on the most direct influence of the weights on the results of the fuzzy comprehensive evaluation, the weight calculation methods are updated from the calculation principle and flow. Taking into account the degree of change in the evaluation results brought about by different weight values, the distance method is used to modify the weights, using the improved AHP method to modify the weights and other optimization programs, and establish a corresponding calculation method, formula and process. Finally, the fuzzy comprehensive evaluation model is used to evaluate the logistics trade industry in M port. The research conclusion of this paper proves that the fuzzy comprehensive evaluation model can provide a more scientific decision-making basis for the development of logistics trade. However, there are still some areas that can be improved in this study. The next step is to optimize the weight value algorithm.

References

Han, Y., Wang, B., Qun, L. I. (2017). Application on Stock Intrinsic Value by Entropy Weight Fuzzy Comprehensive Evaluation Model. *Mathematics in Practice & Theory*, 65(1), 74-84.

Koh, L., Dolgui, A., Sarkis, J., (2020). Blockchain in transport and logistics–paradigms and transitions. *International Journal of Production Research*, 58(7), 2054-2062.

Lyu, G., Chen, L., Huo, B., (2019). Logistics resources, capabilities and operational performance: A contingency and configuration approach. *Industrial Management & Data Systems,* 119(2), 230-250.

Qin, J. T., (2016). Application of Fuzzy Comprehensive Evaluation Model in Team Safety Culture Coal Mine. *Shandong Coal Science & Technology,* 2(11), 375-492.

Tan, B. Q., Wang, F., Liu, J., (2020). A blockchain-based framework for green logistics in supply chains. Sustainability, 12(11), 4656.

Wang, J., Jin, H., Tianxiang, N. I., (2017). The application of fuzzy comprehensive evaluation model based on analytic hierarchy process in risk assessment of debris flow gully in Kangle County. *Chinese Journal of Geological Hazard & Control*, 8(2), 134.

Wang, Q., Nie, X., Sun, D., (2016), Vigor of old Pinus tabuliformis using the AHP-fuzzy comprehensive evaluation model. *Journal of Zhejiang A & F University,* 31(2), 193-231.

Xiao, G. L. I., Yang, B. B., Jia, Y. H. E., (2017). Research on Quality of Angelicae Sinensis Radix Based on AHP Fuzzy Comprehensive Evaluation Model. *Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine*, 6(14), 1125-246.

Yao, Q., Zhao, L., Zhang, X., (2017). Fuzzy Comprehensive Evaluation Model of Coal Mine Safety Management Information System. *Mining Safety & Environmental Protection*, 22(7), 6-472.

Zhou, J., Zhu, X., (2017). Fuzzy comprehensive evaluation model of ecological civilization via AHP-GRA. *Journal of Hefei University of Technology*, 23(6), 41-22.

Critérios Editoriais

A RISTI (Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação) é um periódico científico, 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, 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.

risti
Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação
Iberian Journal of Information Systems and Technologies
©RISTI 2023 http://www.risti.xyz