

Volumen XII, Número 1, Enero - Abril 2025 - ISSN: 2395-9061



**TECNOLOGÍA
EDUCATIVA**

**REVISTA
CONAIC**



CINTILLO LEGAL

Tecnología Educativa Revista CONAIC, Volumen XII, Número 1, Enero – Abril 2025, es una publicación cuatrimestral editada por el Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación A.C. – CONAIC, calle Porfirio Díaz, 140 Poniente, Col. Nochebuena, Delegación Benito Juárez, C.P. 03720, Tel. 01 (55) 5615-7489, <http://www.conaic.net/publicaciones.html>, editorial@conaic.net. Editores responsables: Dra. Alma Rosa García Gaona y Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2016-111817494300-203, ISSN: 2395-9061, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Tecnología Educativa Revista CONAIC, MTIE. Francisco Javier Colunga Gallegos, calle Porfirio Díaz, 140 Poniente, Col. Nochebuena, Delegación Benito Juárez, C.P. 03720.

Su objetivo principal es la divulgación del quehacer académico de la investigación y las prácticas docentes inmersas en la informática y la computación, así como las diversas vertientes de la tecnología educativa desde la perspectiva de la informática y el cómputo, en la que participan investigadores y académicos latinoamericanos.

Enfatiza y declara expresamente la publicación de artículos de investigaciones con exigencia en la originalidad con carácter inédito y arbitrado.

Al menos el 60% del contenido de la publicación tiene carácter de investigación original dentro del ámbito científico y académico en el área de la tecnología educativa en torno a la ingeniería de la computación y la informática.

Toda publicación firmada es responsabilidad del autor que la presenta, los cuales son ajenos a la entidad editora y no reflejan necesariamente el criterio de la revista a menos que se especifique lo contrario.

Se permite la reproducción de los artículos con la referencia del autor y fuente respectiva.

EDITORES

Dra. Alma Rosa García Gaona - [Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación A.C.](#)

Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez – [Universidad Autónoma de Aguascalientes](#).

Asistente Editorial

MTIE. Francisco Javier Colunga Gallegos - [Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación A.C.](#)

INDEXACIÓN

- Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal – LATINDEX
- Google Académico
- Directory of Open Access Journals – DOAJ
- Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico – REBID
- DOI – Crossref Content Registration

PORTADA

Diseño: Lic. Yamil Alberto Muñoz Maldonado.

Propiedad del Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación A.C.

CONSEJO EDITORIAL

COLOMBIA

Dr. Cesar Alberto Collazos Ordóñez

Universidad del Cauca

ECUADOR

Dr. René Faruk Garzozzi Pincay

Universidad Estatal Península de Santa Elena

MÉXICO

Dra. Ana Lidia Franzoni Velázquez

Instituto Tecnológico Autónomo de México

Dr. Jaime Muñoz Arteaga

Universidad Autónoma de Aguascalientes

Dr. Raúl Antonio Aguilar Vera

Universidad Autónoma de Yucatán

Dra. Ma. del Carmen Mezura Godoy

Universidad Veracruzana

VENEZUELA

Dr. Antonio Silva Sprock

Universidad Central de Venezuela

COMITÉ EDITORIAL

Dra. Rosa García Tamayo

Dr. José Luis Hernández Ameca

Mtra. Judith Pérez Marcial

Mtro. Fernando Rodríguez Bernal

Mtra. María del Carmen Santiago Díaz

Mtra. Ana Claudia Zenteno Vázquez

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Dr. José Ramón Zavala Ramírez

Centro de Desarrollo Académico en Investigación Científica

Dr. Jorge Edmundo Mastache Mastache

Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán

Mtra. Irma Angélica García González

Instituto Tecnológico Superior de Xalapa

Dr. Emmanuel Contreras Medina

Universidad Autónoma de Coahuila

Dra. Ana Marcela Herrera Navarro

Mtro. Diego Octavio Ibarra Corona

Dr. Mauricio Arturo Ibarra Corona

Dr. Hugo Jiménez Hernández

Mtro. Jorge Luis Pérez Ramos

Dra. Selene Ramírez Rosales

Universidad Autónoma de Querétaro

Mtro. Javier Alejandro Granados Magaña

Mtro. Janoé Antonio González Reyes

Universidad Autónoma de Nayarit

Mtro. Julio César Díaz Mendoza

Universidad Autónoma de Yucatán

Mtro. Rubicel Cruz Moreno

Mtro. José Luis Gómez Ramos

Dra. Martha Patricia Silva Payró

Dr. Miguel Antonio Wister Ovando

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Ing. José Alfredo Cobián Campos

Universidad Nacional Autónoma de México

Dra. María Andrade Aréchiga

Dr. Pedro Damián Reyes

Dr. Juan Antonio Guerrero Ibáñez

Dr. José Roman Herrera Morales

Dr. Osva Antonio Montesinos López

Dr. Juan Manuel Ramírez Alcaraz

Mtro. Armando Román Gallardo

Mtra. Sara Sandoval Carrillo

Universidad de Colima

Dr. José Luis David Bonilla Carranza

Universidad de Guadalajara

Mtra. Karina Balderas Pérez

Universidad de Ixtlahuaca

Dr. Edgard Iván Benitez Guerrero

Dra. Margarita Edith Canal Martínez

Dra. María de Lourdes Hernández Rodríguez

Dr. Sergio Francisco Juárez Cerrillo

Dra. Virginia Lagunes Barradas

Dr. Jesús Roberto Méndez Ortiz

Mtro. Carlos Alberto Ochoa Rivera

Mtro. Christian Pérez Salazar

Mtra. María Yesenia Zavaleta Sánchez

Universidad Veracruzana

CONTENIDO

Editorial.....	6
----------------	---

ARTÍCULOS

Implementación de una App Móvil Colaborativa para Peregrinos basada en Servicios Web y API REST. / Implementation of a Collaborative Mobile App for Pilgrims based on Web Services and REST API.....	7 - 12
Luz A. Sánchez Gálvez, Mario Anzures García e Isai Duran Pérez.	

Intercultural Dimensionality in Mexican Education and Its Evolution. / La dimensionalidad intercultural en la educación mexicana y su evolución.....	13 - 23
Francisco Preciado Álvarez, Arquímedes Arcega Ponce, Alexis Ortiz, Fabian Ojeda Pérez y María del Rosario Solís Michel.	

Estimación de la Distancia de Combate entre Boxeadores Amateurs y Posicionamiento en el Cuadrilátero mediante Visión por Computadora. / Estimating Fighting Distance and Ring Positioning Between Amateur Boxers Using Computer Vision.....	24 - 29
José Carlos Montes González, Everardo Santiago Ramírez, René Noriega Armendáriz, Josué Domínguez Guerrero y Saúl González Campos.	

Sistema web para la venta de productos apícolas. / Web system for the sale of bee products.....	30 - 31
Carlos Enrique Espadas Landero, Eloisa Mendoza Vásquez, Cristian Omar Pérez Cruz, Diana Cristel Galicia Ruiz y Gregorio De Jesús Torres Sierra	

Implementacion de sistema informatico para el registro de pago para proveedores. / Implementation of a computer system for supplier payment recording.....	32 - 36
Yareli Marisol Aguilar Torres, Gilberto Eduardo Domínguez García, Rogelio Uco Sánchez, Jorge Luis Estrada Rivera, Daniela Suy Cuj y Karla Citlaly Jimenez Cruz.	

De jugadores a programadores: un prototipo de juego serio como herramienta educativa. / From gamers to programmers: a serious game prototype as an educational tool.....	37 - 43
Oscar Zatarain Aguirre, Abraham López Nájera, Alejandra Mendoza Carreón, Cynthia Vanessa Esquivel Rivera y René Noriega Armendáriz.	

Diagnóstico y análisis para la transformación digital en servicios de housekeeping: un estudio preparatorio. / Diagnosis and analysis for digital transformation in housekeeping services: a preparatory study.....	44 - 51
Armando Román Gallardo, Luis Ulysses Pérez Ríos, Sara Sandoval Carrillo, José Román Herrera Morales y Sergio Felipe López Jiménez.	

Uso de la inteligencia artificial como ayuda en la calidad de vida. / Using artificial intelligence as an aid to quality of life.....	52 - 57
Víctor Manuel Zamudio García.	

Uso de un método de clasificación de Machine Learning para la elaboración de un modelo como apoyo en el Diagnóstico de Enfermedades Cardíacas. / Using a Machine Learning classification method to develop a model to support the Diagnosis of Heart Disease.....	58 - 68
Escalante Vega, J. E., Del Toro González, R. A. y Salem Silva, F. S.	

EDITORIAL

Tecnología Educativa Revista CONAIC dentro de su primer volumen, está integrado por investigaciones académicas desde la perspectiva de la computación y la informática con una alta calidad científica en función a la Implementación de una App Móvil Colaborativa para Peregrinos basada en Servicios Web y API REST; the Intercultural Dimensionality in Mexican Education and Its Evolution; la Estimación de la Distancia de Combate entre Boxeadores Amateurs y Posicionamiento en el Cuadrilátero mediante Visión por Computadora; un Sistema web para la venta de productos apícolas; la Implementacion de sistema informatico para el registro de pago para proveedores; De jugadores a programadores: un prototipo de juego serio como herramienta educativa; Diagnóstico y análisis para la transformación digital en servicios de housekeeping: un estudio preparatorio; el Uso de la inteligencia artificial como ayuda en la calidad de vida; Uso de un método de clasificación de Machine Learning para la elaboración de un modelo como apoyo en el Diagnóstico de Enfermedades Cardíacas.

Gracias a las contribuciones académicas de alto nivel, Tecnología Educativa Revista CONAIC continua de manera reconocible como un espacio académico y científico de calidad, encaminado en contribuir en la transmisión del conocimiento de forma transdisciplinaria, objetiva y contextual acorde a las visiones contemporáneas en materia de la computación y la informática.

Es importante destacar la loable labor del Consejo Editorial, así como también a los Comités Editoriales y Autores por sus contribuciones, colaboración y apoyo, en la generación de conocimiento en torno a la tecnología educativa desde la perspectiva de la computación y la informática.

LOS EDITORES

Implementación de una App Móvil Colaborativa para Peregrinos basada en Servicios Web y API REST Implementation of a Collaborative Mobile App for Pilgrims based on Web Services and REST API

Luz A. Sánchez-Gálvez ¹, Mario Anzures-García ¹, and Isaí Duran Pérez ¹

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Ciudad Universitaria, 14 sur esquina Boulevard Valsequillo, 72570, Puebla-México.
sanchez.galvez@correo.buap.mx, mario.anzures@correo.buap.mx, isai.duran@alumno.buap.mx

Fecha de recepción: 17 de septiembre de 2024

Fecha de aceptación: 27 de marzo de 2025

Resumen. En países con religión católica, es común que se realicen peregrinaciones a distintas iglesias para venerar a santos o vírgenes. En nuestro país, la peregrinación del 12 de diciembre a la Ciudad de México para visitar la basílica de la Virgen de Guadalupe, es la más importante. Generando un gran impacto económico, así como la movilización de millones de personas, organizadas en grupos definiendo punto, hora de partida, manera en que harán el trayecto (caminando, en bicicleta), la ruta a seguir, etc. En este trayecto pueden surgir infinidad de imprevistos, que impidan su llegada al sitio religioso o incluso pongan en riesgo sus vidas. Por tanto, en este trabajo se propone una app móvil colaborativa basada en servicios web y API REST, que suministre la comunicación, colaboración y coordinación a los integrantes de y grupos de peregrinos evitando o gestionando los imprevistos durante su trayecto a la basílica.

Palabras Clave: App Móvil Colaborativa, Servicios Web, API REST, Peregrino, Grupo.

Summary. In Catholic countries, pilgrimages to different churches to venerate saints or virgins are common. In our country, the December 12th pilgrimage to Mexico City to visit the Basilica of Our Lady of Guadalupe is the most important. It generates a huge economic impact, as well as the mobilization of millions of people, organized into groups, defining their departure point, time, method of travel (walking, cycling), the route to follow, etc. Along this journey, countless unforeseen events can arise, preventing them from reaching the religious site or even putting their lives at risk. Therefore, this work proposes a collaborative mobile app based on web services and REST APIs that provides communication, collaboration, and coordination to pilgrim members and groups, avoiding or managing unforeseen events during their journey to the basilica.

Keywords: Collaborative Mobile App, Web Services, REST API, Pilgrim, Group.

1 Introducción

En nuestro país, los católicos realizan peregrinaciones desde su lugar de origen a diferentes iglesias, ubicadas en distintas ciudades, para pedir o agradecer un “milagro”, venerar a Dios, un Santo o una Virgen. En México, la Virgen de Guadalupe es la más adorada, así que el 12 de diciembre que es su festividad, millones de personas viajan (incluso a partir del día primero de ese mes) desde su comunidad de residencia a la basílica de Guadalupe en la Ciudad de México. Se organizan en grupos con mucha anticipación, algunos, ya llevan años haciendo tal peregrinación; definiendo punto y hora de salida, si irán caminando o en bicicleta, incluso algunos —grupos grandes— contratan algún camión o camioneta que les vaya abriendo el paso en las carreteras, pero otros —grupos pequeños— hacen el trayecto a pie. Sin embargo, en dicho trayecto a la basílica pueden surgir infinidad de inconvenientes que les complique o interrumpa su trayecto y llegada a tal sitio religioso. Aunque, la mayoría de personas ya cuentan con teléfono móvil, que les ayuda a comunicarse y dar seguimiento a su camino, requieren para ello, de varias aplicaciones. Por tanto, se echa en falta una aplicación colaborativa [1, 2, 3] que permita a los peregrinos de un grupo o varios comunicarse, colaborar y coordinarse para evitar inconvenientes o resolverlos, lo más pronto posible para llegar a venerar o cumplir su promesa en el santuario de su preferencia.

Las aplicaciones colaborativas soportan a grupos de personas para alcanzar una tarea (o meta) común, a través de una interfaz compartida [4, 5, 6], suministrando la comunicación, colaboración y coordinación entre los usuarios. En consecuencia, la estructura organizacional, control de acceso, conciencia y memoria del grupo son elementos fundamentales para sustentar la interacción de los integrantes del mismo.

Por un lado, existen varias aplicaciones similares, tal como: *Santuario de Fátima myEyes* [7], que proporciona información sobre los lugares donde te encuentras, sin embargo, el uso continuo del GPS en segundo

plano reduce drásticamente la duración de la batería. *Lisboa 2023* [8], que orienta a los peregrinos sobre lo que ocurre a lo largo de la semana, permitiendo la activación de notificaciones y proporcionando un mapa para localizar las sedes de los actos religiosos, restaurantes, fuentes de agua potable, puestos de salud, comisarías de policía, etc. *Drivin* [9], que ofrece una solución modular para la gestión de recursos, planificación y optimización de rutas, gestión documental, aplicación móvil para los conductores, paneles de seguimiento en vivo, la capacidad de notificar a los clientes sobre el estado de sus entregas. *Pilbeo* [10], que gestiona el traslado de personas y equipajes a lo largo del Camino de Santiago, mediante un buscador para seleccionar los puntos de recogida y entrega, pero tiene cargos por parte de los prestadores de servicios. *DoorDash* [11], que cuenta con funciones servicios de catering y de entrega especial, con los cuales se ponen a tu disposición sus conductores a cambio de una tarifa. *Glovo* [12], que no solo ofrece envíos de comida para llevar: sino también se pueden pedir productos de higiene hasta alimentos del supermercado o que te recojan el traje de la tintorería, aunque el transporte tiene un precio que se debe pagar. *Camino de Santiago, CaminoTool* [13], que es una app gratuita para peregrinos del Camino de Santiago, brindando información accesible en tiempo real, se consulta incluso sin conexión de datos; permitiendo buscar alojamiento, restaurantes, iglesias, farmacias, fisioterapia, taxis, consultar distancia con respecto a la persona y al Camino. En conclusión, las aplicaciones analizadas se centran en gestionar rutas estáticas o con localización de puntos específicos en el mapa, además de recibir indicaciones o recomendaciones de los puntos de ayuda o interés para tener un viaje o entregar servicios de manera más segura. Sin embargo, son deficientes en la geolocalización en tiempo real para marcar rutas dinámicas dependiendo de nuestra localización, además, de no permitir interactuar con personas que están tomando esa ruta. Por tanto, en la plataforma colaborativa que se presenta en este trabajo de investigación, se pretende tener una mayor libertad sobre la ruta, así como compartir información con personas que también estén interactuando con la app para apoyarse en su trayecto hacia el destino de peregrinaje, ayudando a más usuarios dentro de la aplicación colaborativa.

Por otro, el desarrollo de aplicaciones colaborativas debe estar respaldado por un estilo o patrón arquitectónico, interfaces y tecnologías para cubrir los requisitos de la aplicación, el grupo y los usuarios. Un patrón arquitectónico muy utilizado para facilitar y simplificar el proceso de desarrollo de software, ya sea Web o móvil es el Modelo-Vista-Controlador (MVC) [6, 14, 15, 16], que sirve como guía para analizar, diseñar e implementar un proyecto de software; estableciendo un conjunto de recomendaciones. Con respecto a interfaces, *Application Programming Interface* (API, Interfaz de Programación de Aplicaciones) es muy útil para la interconexión de aplicaciones, ya que proporciona una conexión para que dos o más programas o componentes informáticos se comuniquen entre sí. Además, *Representational State Transfer* (REST, Transferencia de Estado Representacional) es un estilo arquitectónico para proporcionar estándares entre sistemas informáticos en la Web, facilitando que los sistemas se comuniquen entre sí [17, 18], cuando están utilizando arquitecturas distribuidas y basadas en servicios. API RESTful [18], es una interfaz de programación de aplicaciones de transferencia de estado representacional utilizada como una arquitectura de paso de mensajes y datos para arquitecturas cliente-servidor, de microservicios y servicios Web [19, 20, 21]. Las cuales son entidades autónomas, modulares diseñadas para establecer comunicación por medio del intercambio de mensajes con otra aplicación, permitiéndonos enviar y recibir información.

En consecuencia, en este artículo, se propone implementar una app móvil colaborativa basada en Android [22], servicios *web* y *API REST*, estructurada mediante un patrón arquitectónico MVC y siguiendo la metodología SCRUM; para establecer un espacio compartido que permita compartir información y ubicación de los peregrinos.

La sección 2 explica la implementación de una App móvil colaborativa para peregrinos basada en servicios Web y API REST. La sección 3 proporciona las conclusiones y el trabajo futuro.

2 Implementación de una App Móvil Colaborativa para Peregrinos

La App Móvil Colaborativa para peregrinos fue una idea planteada por Luz A. Sánchez Gálvez, cuyo desarrollo fue iniciado en un programa de práctica profesional de la Facultad de Ciencias de la Computación y después asignada a Isai Duran Pérez como trabajo de Tesis de Licenciatura, dirigido por ella y Mario Anzures García. El nombre de esta app es *PeregrinApp*, que utiliza servicios Web tipo REST, MVC y Android; la cual está dirigida a los peregrinos que cada año realizan un trayecto a diferentes iglesias de México. En particular la ruta que se presenta, se centra en la basílica de Guadalupe, por ser la peregrinación de mayor transcendencia en nuestro país. *PeregrinApp* tiene el propósito de hacer el trayecto más seguro, evitando riesgos o ayudando a resolverlos, al permitir a los usuarios organizarse de una mejor manera; creando grupos, donde hace publicaciones, envían mensajes por chats, consultan el mapa (la ruta) en todo momento para no perderse en el camino.

La implementación de *PeregrinApp* se basó en SCRUM, por tanto se definieron varias historias de usuario, a partir de las cuales se pudieron definir y crear una base de datos relacional, un servicio Web y los controladores (Fig. 1) de usuarios, grupos y de publicaciones; que son consumidos como un API REST. Una vez creados los

controladores, se elaboran sus modelos correspondientes y el modelo para la conexión de la base de datos. Después se implementa, virtualiza y publica la API en un servidor FTP. Posteriormente se muestra la interfaz gráfica del servicio Web, pero antes se valida su funcionalidad, depuran problemas, hacen pruebas de integración y rendimiento para asegurar un funcionamiento correcto. La implementación de PeregrinApp con Android, comienza con el inicio de sesión (Fig. 2) y registro del peregrino (Fig. 3), continuando con un Menú (Fig. 4) con cuatro opciones. La primera denominada *Rutas*, muestra un mapa (Fig. 5) con el trayecto a seguir, para visualizarlo se requiere consumir una API de Google *maps*, utilizando un *API key* de desarrollador, que se consume desde un archivo java.



Figura 1. Creación de controladores en *PeregrinApp*.



Figura 2. Inicio de sesión de *PeregrinApp*.



Figura 3. Registro de usuario de *PeregrinApp*.

La segunda opción *Grupos*, permite crear éstos o agregarse a los existentes. En la Fig. 6 se muestran los grupos existentes en de *PeregrinApp*, que son a los que se puede unir un usuario registrado. Así que en la Fig. 6 se puede dar click para obtener la descripción de cada uno de los grupos. Por tanto, en la Fig. 7 se muestra toda la información de un grupo seleccionado por un usuario registrado.



Figura 4. Menú de *PeregrinApp*.



Figura 5. Ruta en *PeregrinApp*.



Figura 6. Grupos en *PeregrinApp*.



Figura 7. Ruta en *PeregrinApp*.

En la opción *Perfil* del Menu presentado en la Fig. 4, se presenta la información del usuario así como a los diferentes grupos que pertenece. En la Fig. 8, se presente el perfil de Isai Duran, quien en este caso sólo pertenece a un grupo. En la opción de publicaciones se muestra lo que han publicado dentro de un grupo cada usuario.



Figura 8. Visualización de grupos de *PeregrinApp*.

3 Conclusión y Trabajo Futuro

En este trabajo de investigación, se ha propuesto la Aplicación Colaborativa *PeregrinApp*, la cual puede ser visualizada tanto en la Web como en dispositivos Móviles. *PeregrinApp*, por una parte, representó una innovación en el campo de Apps destinadas a gestionar el trayecto de una peregrinación, debido a que, principalmente, permite la creación de grupos (ya que en las aplicaciones analizadas no encontramos una que permitiera colaborar entre miembros de grupo y entre éstos), en los cuales los peregrinos se pueden comunicar, colaborar y coordinar entre ellos o con otros grupos - quienes pueden retroalimentar o avisar de algún peligro, camino cerrado o accidente que haya en un determinado sitio - para resolver los diferentes inconvenientes que se pueden presentar en su peregrinaje hacia la basílica o iglesia a donde desean llegar.

Además, como en nuestro país se llevan a cabo muchas peregrinaciones a diferentes iglesias, la más importante es a la basílica de Guadalupe en la ciudad de México que moviliza a millones de fieles durante el mes de diciembre, resaltando el 12 de diciembre, que se celebra la fiesta de la Virgen de Guadalupe “patrona de los mexicanos”. Por otra, el desarrollo estuvo basado en: SCRUM, que simplificó el ciclo de vida de desarrollo del software utilizando historias de usuario que establecieron los requisitos a ser implementados, definiendo un *backlog* que guió la implementación a través de *Sprints* realizados a lo más en dos semanas, donde al termino de cada uno de éstos y de ser probado, se entregaba a los usuarios - en este caso clientes que lo evaluaban y determinaban si satisfacía sus requisitos y necesidades - la parte codificada. MVC, estilo arquitectónico que determino un patrón, estableciendo una organización a través del Modelo - la estructura donde se almacenaron los datos, vista - el diseño de las interfaces de usuario para que primordialmente fuera usable, robusto y seguro - y Controlador - que gestiona como los datos modifican la Vista y como la Vista es transformada por los cambios en el Modelo. En el Controlador se puede incluir la API REST creada, porque estableció un mecanismo para facilitar la interacción de la APP con el Servicios Web, haciéndole peticiones al mismo; de acuerdo a las necesidades o requerimientos de los peregrinos, de esta manera no sólo se facilitó el desarrollo de la App controlando dichas peticiones, sino también el mantenimiento de ésta. El trabajo futuro estará orientado en integrar técnicas de inteligencia artificial para establecer o recomendar rutas de acuerdo a las características del grupo o condiciones que se vayan presentando en su peregrinaje a una basílica o iglesia,

así como a recomendar soluciones factibles dependiendo de los hechos que hayan suscitado la presencia de un inconveniente a los peregrinos.

Referencias

- [1] Ellis, C.A., Gibbs, S.J. and Rein, G.L. Groupware: some issues and experiences. *Communications of the ACM*, vol. 34-1, pp. 39-58, 1991.
- [2] Sánchez-Gálvez, L.A., Anzures-García, M., and Campos-Gregorio, A. Weighted Bidirectional Graph-based Academic Curricula Model to Support the Tutorial Competence. *Journal CyS (Computación y Sistemas)*, vol. 24 (2), pp. 619–631, 2020.
- [3] Anzures-García, M., Sánchez-Gálvez, L.A., Hornos, M.J. and Paderewski, P. Tutorial function groupware based on a workflow ontology and a directed acyclic graph. *IEEE Latin American Transactions*, vol. 16-1, pp. 294-300, 2018.
- [4] Sánchez-Gálvez, L.A., Fernández-Luna, J.M., and Anzures-García, M. A Groupware Usability-oriented Evaluation Methodology based on a Fuzzy Linguistic Approach. *Serie Communications in Computer and Information Science Springer*, vol. 1114, pp. 1-16, 2019, HCI-COLLAB.
- [5] Anzures-García, M. and Sánchez-Gálvez, L.A. PROMISE: PRoposing an Ontological Model for developing collaborative SystEms. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, Vol. 39 (2), 2020.
- [6] Anzures-García M., Sánchez-Gálvez L.A., Hornos M.J., and Paderewski-Rodríguez P. Facilitating the development of Collaborative Applications with the MVC Architectural Pattern. Chapter 15 of the Book *Software Engineering: Methods, Modeling, and Teaching*, vol. 4, pp. 268-290. Editorial Bonaventuriana, 2017, Universidad de San Buenaventura, Bogotá.
- [7] App Santuário de Fátima myEyes. [En línea]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=pt.iki.santuariofatima&hl=en> [Último acceso: 22 de septiembre de 2023].
- [8] App Lisboa [En línea]. Available: <https://es.catholic.net/op/articulos/82968/> [Último acceso: 22 de septiembre de 2023].
- [9] App Drivin. [En línea]. Available: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.drivin.mobile.app&hl=es_MX&gl=US [Último acceso: 24 de septiembre de 2023].
- [10] App Pilbeo. [En línea]. Available: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.pilbeo.pilbeo_android [Último acceso: 23 de septiembre de 2023].
- [11] App DoorDash. [En línea]. Available: <https://www.caminofinancial.com/es/articulos/administracion-de-empresas/apps-de-comida/> [Último acceso: 23 de septiembre de 2023].
- [12] App Glovo. [En línea]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.glovo> [Último acceso: 24 de septiembre de 2023].
- [13] App Camino de Santiago. [En línea]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=es.sw.caminotool&hl=es&gl=US> [Último acceso: 22 de septiembre de 2023].
- [14] Buschmann F., Meunier R., Rohnert H., Sommerlad P., and Stal M.. *Pattern-oriented Software Architecture. A System of Patterns*, vol. 1, John Wiley and Sons, England, 1996.
- [15] Goldberg A. *Smalltalk-80: The Interactive Programming Environment*. Addison-Wesley, United States of America 1984.
- [16] Addy O. *Learning JavaScript Architectural Patterns. A JavaScript and jQuery Developer's Guide*, O'Reilly, 2015.
- [17] Masse, M. *REST API Design Rulebook*. O'Reilly Media, Inc. 2011.
- [18] Doglio, F. *REST API Development with Node.js: Manage and Understand the Full Capabilities of Successful REST Development*. 2a. Edition, Ed. Apress 2018.
- [19] Erl, T. *Service-Oriented Architecture (SOA): Concepts, Technology, and Design*. The Prentice Hall Service Technology Series from Thomas Erl, 2015.
- [20] Cerami, E. *Web Services Essentials*. 1a. Edition, Ed. O'Reilly Media. 2002.
- [21] Alonso, G., Casati, F., Kuno, H., and Majurajo, V. *Web Services: Concepts, Architectures, and Applications (Data-Centric Systems and Applications)*. 1a. Edition, Ed. Springer, 2004.
- [22] Mishra, S.K. *Fundamentals of Android App Development: Android Development for Beginners to Learn Android Technology, SQLite, Firebase and Unity (English Edition)* Bpb. 2020.

Intercultural Dimensionality in Mexican Education and Its Evolution La dimensionalidad intercultural en la educación mexicana y su evolución

Francisco Preciado Álvarez¹, Arquímedes Arcega Ponce², Alexis Ortiz³, Fabian Ojeda Pérez⁴, María del Rosario Solis Michel⁵

^{1,2,4,5} Universidad de Colima, Facultad de Contabilidad y Administración Tecomán, Km. 40.1 Colima-Manzanillo highway, La Estación, Tecomán, Colima, 28930. México
¹fpreciado0@ucol.mx, ²pime@ucol.mx, ⁴fojeda@ucol.mx, ⁵msolis@ucol.mx

³The University of Akron, 302 E Buchtel Ave, Akron, OH, USA
³aortiz@uakron.edu

Fecha de recepción: 17 de septiembre de 2024

Fecha de aceptación: 27 de marzo de 2025

Summary. This study provides a comprehensive analysis of the evolution of intercultural education in Mexico, focusing on key reforms and their impact on Indigenous and minority populations. The article examines the introduction of intercultural bilingual education in 1994, the establishment of the Coordinación General de Educación Intercultural y Bilingüe (CGEIB) in 2001, and the development of intercultural universities, such as the Universidad Intercultural de Chiapas. Through mixed methodological approaches that combine qualitative and quantitative analysis, this study explores the achievements and challenges of these initiatives, highlighting the disparities in implementation and resource allocation across different regions. The findings underscore the importance of culturally responsive pedagogy and community engagement in achieving educational equity. The study concludes with recommendations for future research and policy development to further enhance the effectiveness of intercultural education in Mexico.

Keywords: intercultural education, bilingual education, Indigenous education, cultural diversity.

Resumen. Este estudio ofrece un análisis exhaustivo de la evolución de la educación intercultural en México, centrándose en las reformas clave y su impacto en las poblaciones indígenas y minoritarias. El artículo examina la introducción de la educación intercultural bilingüe en 1994, el establecimiento de la Coordinación General de Educación Intercultural y Bilingüe (CGEIB) en 2001 y el desarrollo de universidades interculturales, como la Universidad Intercultural de Chiapas. Mediante enfoques metodológicos mixtos que combinan análisis cualitativos y cuantitativos, este estudio explora los logros y desafíos de estas iniciativas, destacando las disparidades en la implementación y la asignación de recursos en las diferentes regiones. Los hallazgos subrayan la importancia de la pedagogía culturalmente receptiva y la participación comunitaria para lograr la equidad educativa. El estudio concluye con recomendaciones para futuras investigaciones y el desarrollo de políticas públicas que contribuyan a mejorar la eficacia de la educación intercultural en México.

Palabras clave: educación intercultural, educación bilingüe, educación indígena, diversidad cultural.

1 Introduction

Mexico is known by its a deep cultural heterogeneity that encapsulates a multitude of Indigenous groups, each of them endowed with unique linguistic, cultural, and epistemological frameworks. Historically, the Mexican educational apparatus exhibited a predilection for a monolithic curriculum, whose implementation disenfranchised said populations by perpetuating a model that failed to accommodate and serve the intricate mosaic of the nation's cultural realities. This hegemonic educational paradigm not only marginalized these communities but also entrenched structural inequalities that have had enduring socio-economic repercussions. By the twilight of the 20th century, an emergent recognition of the need to reformulate the educational system became palpable, driven by both internal exigencies and broader global trends toward inclusivity and cultural pluralism.

The advent of intercultural education in Mexico during the 1990s constitutes a paradigmatic shift, marking a deliberate departure from the assimilationist policies that had long dominated the educational discourse. The establishment of the Coordinación General de Educación Intercultural y Bilingüe (CGEIB) in 2001 epitomized a significant institutional commitment to constructing an educational framework that is not only inclusive but also reflective of Mexico's rich cultural and linguistic diversity. This initiative aimed to transcend

mere tolerance of cultural differences, instead fostering a robust appreciation and integration of diverse cultural epistemologies within the educational process.

The early 2000s witnessed the institutionalization of intercultural universities, such as the Universidad Intercultural de Chiapas, which arose as mechanisms to provide higher education opportunities that resonate with the cultural and linguistic realities of Indigenous communities. These institutions were devised as platforms for the empowerment of Indigenous students, offering educational experiences that are not only accessible but also congruent with their cultural identities. Nevertheless, the implementation of intercultural education across Mexico remains heterogeneously distributed, with pronounced regional disparities that call into question the uniformity and efficacy of these initiatives, particularly in regions with substantial Indigenous populations.

The persistent challenges associated with the integration of intercultural education within the Mexican educational framework necessitate a comprehensive and nuanced analysis of the evolution of these programs. Although public institutions have exhibited varying degrees of success in this regard, the role of private institutions remains less delineated, characterized by inconsistent levels of engagement and efficacy. Moreover, the enduring regional disparities in the application of intercultural education underscore the necessity for continued efforts to ensure that all students, regardless of their cultural backgrounds, receive an education that is both respectful of and congruent with their identities.

An in-depth understanding of the evolution of the intercultural dimension in Mexican education is indispensable for elucidating both the accomplishments and the deficiencies of existing policies and practices. Such analysis not only contributes to the refinement of educational strategies tailored to Mexico's diverse population but also offers valuable insights for other nations with similar multicultural contexts. In a globalized era where the imperatives of inclusion and equity are increasingly foregrounded, the insights gleaned from this study hold the potential to enrich the broader discourse on intercultural education and its pivotal role in fostering social cohesion and equity.

2 Historical Context

2.1. Pre-1990s Educational Practices

Before the 1990s, the Mexican educational system was characterized by a monolithic and assimilationist approach, which disregarded the cultural and linguistic diversity of the nation [1]. The prevailing educational model was rooted in the ideology of "mestizaje," which aimed to create a homogeneous national identity by promoting the assimilation of Indigenous populations into the dominant Spanish-speaking, mestizo culture [2]. This ideology was reflected in the educational policies and practices that were implemented throughout the 20th century, where the primary focus was the standardization of curriculum and language instruction, with little to no accommodation for Indigenous languages and cultural practices [3].

The Secretaría de Educación Pública (SEP), established in 1921, played a vital role in shaping this educational agenda. Under the direction of José Vasconcelos, the SEP sought to promote a unified national culture through the expansion of public education, but this often came at the expense of Indigenous identities. Indigenous languages were systematically excluded from formal education, and Indigenous knowledge systems were marginalized, leading to a significant cultural disconnect between the education provided in schools and the lived experiences of Indigenous students [4].

This approach had profound implications for Indigenous and other minority populations, who were underrepresented in the curriculum while facing significant barriers to educational access and success. The lack of culturally relevant education contributed to high dropout rates among Indigenous students and reinforced social inequalities, as education became a tool for cultural homogenization rather than a means of empowerment.

2.2 Emergence of Intercultural Education

The 1990s marked a critical turning point in the recognition of the need for a more inclusive and culturally responsive educational model in Mexico. This shift was driven by both internal and external factors, including growing demands from Indigenous communities for greater recognition of their cultural rights, as well as international pressures to comply with global standards for human rights and education [1][5].

One of the earliest and most significant reforms in this period was the introduction of intercultural bilingual education, which sought to address the historical exclusion of Indigenous languages and cultures from the formal education system. This reform was part of a broader movement toward educational equity and inclusion, which

aimed to provide Indigenous students with an education that was not only linguistically accessible but also culturally relevant.

The establishment of the Dirección General de Educación Indígena (DGEI) within the SEP in 1994 was a key milestone in this process. The DGEI was tasked with overseeing the development and implementation of educational programs specifically designed for Indigenous populations, with a focus on promoting bilingualism and intercultural understanding. This represented a significant departure from previous policies, as it acknowledged the importance of preserving Indigenous languages and cultures within the educational system [6][7].

The emergence of intercultural education in the 1990s was also influenced by the broader international discourse on multiculturalism and Indigenous rights. Mexico's participation in global forums such as the United Nations and its adoption of international agreements like the International Labour Organization's Convention 169 on Indigenous and Tribal Peoples played a crucial role in shaping the country's commitment to intercultural education. These developments signaled a growing recognition of the need to move beyond assimilationist policies and toward a more pluralistic and inclusive approach to education [8].

3 Methodology

The methodological approach adopted for this study is grounded in a framework that combines both qualitative and quantitative research methods. This approach allows for a nuanced exploration of the evolution of the intercultural dimension in Mexico's educational system, ensuring that the findings are robust, multidimensional, and reflective of the complexities inherent in the subject matter.

This study employs a sequential exploratory design, wherein qualitative research informs the subsequent quantitative analysis. The research process is divided into distinct phases, each of which contributes to the overarching objective of understanding how intercultural education has evolved within the Mexican context, both in public and private institutions.

The study begins with an exhaustive review of relevant policy documents, educational reforms, and historical records. This analysis is critical for understanding the legislative and institutional frameworks that have shaped the development of intercultural education in Mexico. Key documents include the educational reforms of 1994 and 2001, the establishment of the Dirección General de Educación Indígena (DGEI), and the Coordinación General de Educación Intercultural y Bilingüe (CGEIB). Theoretical frameworks such as postcolonial theory and critical pedagogy are employed to critically analyze these texts, uncovering the underlying ideologies and power dynamics that have influenced policy decisions.

Focus groups were conducted with students and educators from both public and private institutions. These discussions provide insight into the practical application of intercultural education policies and the challenges faced in their implementation. The focus groups are particularly useful for capturing the dynamic and interactive aspects of intercultural education, as participants reflect on their experiences and engage in dialogue with one another.

The study is underpinned by several key theoretical perspectives that inform both the analysis and interpretation of the data:

1. Drawing on the work of Paulo Freire, critical pedagogy provides a lens through which to examine the power relations and social justice issues inherent in the education system. This framework is particularly relevant for analyzing the ways in which intercultural education seeks to challenge and transform traditional educational practices that have historically marginalized Indigenous populations [9].
2. Postcolonial theory is employed to critically assess the legacy of colonialism in shaping educational policies and practices in Mexico. This perspective is crucial for understanding the historical context in which intercultural education has developed, as well as the ongoing struggles for cultural recognition and autonomy within the education system.
3. Vygotskian sociocultural theory is utilized to explore the role of cultural and social contexts in shaping learning processes. This theoretical perspective informs the analysis of how intercultural education is implemented in practice, particularly in terms of the interaction between students' cultural backgrounds and the educational environment [10].

3.1 Ethical Considerations

The study adheres to the highest ethical standards, ensuring the confidentiality and anonymity of all participants. Informed consent is obtained from all interviewees and focus group participants, and the research design is reviewed and approved by an institutional ethics board. Special attention is given to the ethical implications of conducting research with Indigenous communities, with measures in place to ensure that their voices are respectfully and accurately represented in the study.

3.2 Limitations and Delimitations

While our mixed methodological approach provides a comprehensive understanding of the evolution of intercultural education in Mexico, certain limitations are acknowledged. The study's reliance on self-reported data in the qualitative phase may introduce biases, and the generalizability of the findings is limited by the specific cultural and institutional contexts studied. However, these limitations are mitigated by the triangulation of data sources and the rigorous application of theoretical frameworks.

4 Evolution and Impact of Intercultural Education in Mexico: A Historical and Theoretical Analysis

4.1 Key Reforms and Policies

1994 Educational Reform: Introduction of Intercultural Bilingual Education and the Creation of the Dirección General de Educación Indígena (DGEI)

The 1994 educational reform in Mexico was a watershed moment in the history of intercultural education. This reform introduced the concept of intercultural bilingual education as a formal policy, signaling a significant departure from the assimilationist approaches that had previously dominated the educational landscape. The reform was driven by a growing recognition of the rights of Indigenous peoples, both within Mexico and as part of broader international human rights movements. It sought to address the systemic marginalization of Indigenous languages and cultures in the education system, which had long been a source of social and economic inequity [11].

The establishment of the Dirección General de Educación Indígena (DGEI) within the Secretaría de Educación Pública (SEP) was a key outcome of the 1994 reform. The DGEI was tasked with the responsibility of overseeing the implementation of intercultural bilingual education across Mexico. Its creation represented a significant institutional commitment to preserving and promoting Indigenous languages and cultures within the national education system. The DGEI developed curricula, teaching materials, and teacher training programs that were specifically designed to meet the needs of Indigenous communities. These initiatives aimed to ensure that Indigenous students received an education that was both culturally relevant and linguistically accessible.

However, the implementation of intercultural bilingual education under the DGEI faced numerous challenges. These included a lack of adequately trained bilingual teachers, insufficient resources, and resistance from segments of the population who viewed these reforms as a threat to national unity. Despite these challenges, the 1994 reform laid the groundwork for subsequent developments in intercultural education and marked a critical step towards educational equity in Mexico [2].

2001 Establishment of the Coordinación General de Educación Intercultural y Bilingüe (CGEIB)

The establishment of the Coordinación General de Educación Intercultural y Bilingüe (CGEIB) in 2001 further advanced the agenda of intercultural education in Mexico. The CGEIB was created as part of a broader strategy to institutionalize and mainstream intercultural education across all levels of the Mexican education system. While the DGEI had focused primarily on Indigenous education, the CGEIB was tasked with integrating intercultural perspectives into the entire educational framework, including urban and non-Indigenous settings [2].

The CGEIB's mandate was to develop and promote educational policies that recognized and respected Mexico's cultural diversity. This included the creation of curricula that incorporated Indigenous knowledge systems, the promotion of linguistic diversity, and the development of programs that fostered intercultural dialogue and understanding among students from diverse cultural backgrounds. The CGEIB also played a key

role in coordinating efforts between federal, state, and local educational authorities to ensure that intercultural education was implemented consistently across the country.

One of the significant impacts of the CGEIB was its influence on teacher training programs. The CGEIB worked closely with teacher training institutions to ensure that new educators were equipped with the skills and knowledge necessary to teach in culturally diverse classrooms. This included training in intercultural communication, bilingual education methodologies, and the use of culturally relevant teaching materials. The CGEIB's work was instrumental in shifting the educational paradigm in Mexico towards one that valued cultural diversity as a fundamental component of the national identity.

Development of Intercultural Universities

The early 2000s saw the development of intercultural universities in Mexico, beginning with the establishment of the Universidad Intercultural de Chiapas in 2004. These universities were created as part of a broader effort to expand access to higher education for Indigenous populations and to provide educational opportunities that were aligned with their cultural and linguistic identities [12].

Intercultural universities were designed to be more than just institutions of higher learning; they were conceived as spaces for cultural affirmation and the revitalization of Indigenous knowledge systems. The curricula at these universities were developed in collaboration with Indigenous communities, ensuring that they were relevant to the needs and aspirations of the students they served. Courses were offered in both Spanish and Indigenous languages, and programs were designed to integrate traditional knowledge with contemporary academic disciplines.

The establishment of intercultural universities represented a significant step forward in the pursuit of educational equity in Mexico. These institutions provided Indigenous students with the opportunity to pursue higher education without having to sacrifice their cultural identities. Moreover, they contributed to the broader goal of promoting cultural diversity and intercultural understanding within Mexican society. Despite these achievements, intercultural universities have faced challenges, including limited funding, political resistance, and the ongoing struggle to balance academic rigor with cultural relevance.

4.2 The Role of Private Institutions

Private Sector Contributions

Private universities in Mexico, such as Tecnológico de Monterrey and Universidad Iberoamericana, have also played a role in promoting intercultural education, albeit with different approaches compared to public institutions. These universities have increasingly recognized the importance of cultural diversity in education and have integrated intercultural perspectives into their curricula, research programs, and campus life [13] [14].

For instance, Tecnológico de Monterrey has implemented programs aimed at fostering global citizenship and intercultural competence among its students. This includes exchange programs, international collaborations, and courses focused on intercultural communication and diversity. The university's emphasis on global engagement reflects a broader trend in private education towards preparing students for participation in a globalized world, where cultural competence is seen as a valuable skill.

Similarly, Universidad Iberoamericana, with its Jesuit educational philosophy, has integrated social justice and interculturality into its mission. The university offers programs that focus on Indigenous rights, social inclusion, and intercultural dialogue, reflecting its commitment to addressing the social inequalities that exist within Mexican society. Through partnerships with Indigenous organizations and communities, Universidad Iberoamericana has worked to create educational opportunities that are inclusive and responsive to the needs of marginalized groups [15].

Comparison with Public Institutions

The approaches taken by private institutions in integrating the intercultural dimension into their educational frameworks differ significantly from those of public institutions. While public universities have been more focused on addressing the historical marginalization of Indigenous populations and promoting linguistic diversity, private institutions have tended to emphasize global engagement and intercultural competence within the context of a broader, cosmopolitan education.

Public institutions, particularly intercultural universities, are deeply rooted in the communities they serve and have a mandate to preserve and promote Indigenous cultures. Their programs are often developed in close collaboration with local communities, ensuring that they are culturally relevant and accessible. In contrast, private

institutions have more flexibility in their curricula and are often driven by market demands and international trends. This can lead to a more diverse range of programs and initiatives, but also raises questions about the extent to which these institutions are truly committed to intercultural education as a means of promoting social justice and equity.

4.3 Current Status and Impact

Present-Day Initiatives

Today, intercultural education in Mexico continues to evolve, with a range of ongoing programs and initiatives aimed at promoting cultural diversity and inclusion at all levels of the education system. The CGEIB remains a central player in these efforts, working to expand the reach of intercultural education and ensure that it is implemented consistently across the country. Recent initiatives have focused on integrating intercultural education into urban schools, where cultural diversity is often less visible but no less important.

In addition to federal efforts, there are numerous state and local programs that support intercultural education. These include bilingual education programs, cultural exchange initiatives, and community-based education projects that bring together students from diverse cultural backgrounds. Non-governmental organizations and international agencies have also played a role in supporting these efforts, providing funding, resources, and expertise [16].

Impact Assessment

The impact of these reforms on Indigenous and other minority populations has been significant, though not without challenges. On the positive side, there has been an increase in educational access and retention among Indigenous students, particularly in regions where intercultural education programs have been implemented effectively. These programs have also contributed to the preservation and revitalization of Indigenous languages and cultures, providing students with a sense of pride in their cultural heritage [17].

However, challenges remain, including persistent disparities in educational quality and outcomes between different regions and populations. In some areas, the implementation of intercultural education has been inconsistent, with schools lacking the necessary resources, trained teachers, and institutional support to fully realize the goals of these programs. Additionally, there is ongoing debate about the best ways to balance the demands of academic rigor with the need to provide culturally relevant education [18].

Challenges and Opportunities

The full integration of intercultural education in Mexico faces several challenges, including political resistance, limited funding, and the complexities of implementing educational reforms in a country with such diverse cultural and linguistic contexts. However, these challenges also present opportunities for innovation and growth. For instance, the increasing use of digital technologies in education offers new possibilities for reaching students in remote areas and for creating more flexible and responsive educational programs.

Moreover, the ongoing dialogue between public and private institutions, as well as between national and international actors, provides a fertile ground for the development of new approaches to intercultural education. By building on the successes of existing programs and addressing their shortcomings, Mexico has the potential to become a global leader in the field of intercultural education, offering a model for other countries with similarly diverse populations.

5 Case Studies

This section presents two detailed case studies of specific communities and schools that have successfully implemented intercultural education programs in Mexico. These case studies provide a comprehensive overview of the strategies deployed, the outcomes achieved, and the lessons learned in the process of fostering a more inclusive and culturally responsive educational environment. In accordance with agreements made with the study participants, both their personal information and the identities of the institutions involved will remain confidential.

5.1 Case Study 1

The case study university offers programs that integrate traditional knowledge systems with contemporary academic disciplines, aiming to empower Indigenous students while promoting the preservation of their cultural heritage. The implementation strategy to intercultural education is grounded in a community-based model that emphasizes active collaboration between the university and the local Indigenous communities. The curriculum is developed in consultation with community leaders and elders, ensuring that it is culturally relevant and responsive to the needs of the students. Courses are offered in both Spanish and Indigenous languages, and faculty members are often bilingual, with a deep understanding of the cultural contexts in which their students live.

To evaluate the effectiveness of the intercultural education program, a focus group instrument was developed, targeting both students and faculty members. The focus group discussions were structured around the following key questions:

1. Cultural Relevance: How do the courses offered reflect and integrate Indigenous knowledge systems and cultural practices?
2. Language Use: How effective is the use of Indigenous languages in the classroom, and what challenges have been encountered in implementing bilingual education?
3. Community Engagement: In what ways the university has engaged with the local Indigenous communities, and how has this engagement influenced the educational experience?
4. Outcomes and Impact: What impact has the intercultural education program had on students' academic performance, cultural identity, and career opportunities?

According to the answers provided, the university has successfully created an educational environment that supports the cultural and linguistic needs of Indigenous students. The community-based approach has fostered a strong sense of cultural identity among students and has contributed to higher retention rates compared to other institutions. However, the focus group discussions highlighted the need for additional resources, particularly in academic materials in Indigenous languages. The case of study demonstrates the importance of community engagement and culturally responsive pedagogy in the success of intercultural education programs.

5.2 Case Study 2

The educational program of this case study is designed to provide primary and secondary education in both Spanish and Indigenous languages, with a curriculum that incorporates Indigenous cultural perspectives. The implementation strategy is characterized by its decentralized approach, allowing local communities to have a significant say in the development and implementation of the curriculum. Teachers in the educational program are often members of the Indigenous communities they serve, ensuring that they have the linguistic and cultural competence needed to effectively instruct the students. The program also emphasizes the training of teachers in intercultural pedagogy and the development of culturally relevant teaching materials.

To assess the impact of the educational program, focus group discussions were conducted with students, teachers, and parents. The focus group instrument included the following questions:

1. Bilingual Instruction: How do students and teachers perceive the use of both Spanish and Indigenous languages in the classroom? What benefits and challenges have been observed?
2. Cultural Content: How effectively does the curriculum reflect the cultural practices and knowledge of the Indigenous communities?
3. Teacher Training: How has the training provided to teachers in intercultural pedagogy influenced their teaching practices?
4. Community Involvement: What roles do parents and community members play in supporting the program?

According to the answers provided, the educational program has made significant strides in promoting linguistic and cultural diversity in education. The program has helped preserve Indigenous languages and has strengthened the cultural identity of students. However, the focus groups revealed ongoing challenges, particularly in the areas of resource availability and the consistency of bilingual instruction. The case of study underscores the importance of adequate resources and continuous teacher training in the success of intercultural education initiatives.

6 Analysis of Results from Case Studies

This section presents the statistical analysis of the qualitative data collected from the focus groups conducted in the two case studies.

6.1 Thematic Analysis and Frequency Counts

Thematic analysis was conducted on the transcriptions of the focus group discussions. The responses were coded into several themes, including cultural relevance, language use, community engagement, outcomes, and challenges. The frequency of each theme was calculated to understand the prominence of each aspect across different participants.

Table 1. Frequency of Themes in Focus Groups

Theme	Case Study 1	Case Study 2
Cultural Relevance	28	32
Language Use	22	35
Community Engagement	18	25
Outcomes and Impact	15	20
Challenges	12	30

The table indicates that "Language Use" and "Cultural Relevance" were the most frequently discussed themes in both case studies, reflecting the central importance of these factors in the success of intercultural education programs. The Case Study 2 program showed a higher frequency of discussions around "Challenges," suggesting that participants in this program encountered more difficulties in implementation compared to those at the Case Study 1.

6.2 Sentiment Analysis

Sentiment analysis was performed on the coded responses to assess the overall emotional tone expressed by the participants in relation to the various aspects of intercultural education. Responses were categorized as positive, neutral, or negative, and the sentiment scores were averaged for each group.

Table 2. Sentiment Analysis Scores

Note: Sentiment scores range from -1 (very negative) to +1 (very positive).

Theme	Case Study 1 (Average Sentiment Score)	Case Study 2 (Average Sentiment Score)
Cultural Relevance	0.8	0.7
Language Use	0.6	0.5
Community Engagement	0.7	0.6
Outcomes and Impact	0.9	0.8
Challenges	- 0.2	- 0.4

The sentiment analysis revealed that participants generally had positive perceptions of "Cultural Relevance" and "Outcomes and Impact" in both case studies, with UNICH showing slightly higher scores. However, the sentiment around "Challenges" was negative, particularly in the Oaxaca BIE Program, indicating greater frustration and difficulties faced in this setting.

6.3 Content Analysis: Cross-Referencing with Demographic Data

A content analysis was conducted to cross-reference the thematic data with demographic information, such as age, gender, and role (student, teacher, or parent). This helped identify patterns in how different demographic groups perceived the various aspects of intercultural education.

Table 3. Cross-Tabulation of Themes by Role

Role	Cultural Relevance	Language Use	Community Engagement	Outcomes and Impact	Challenges
Student	40%	35%	25%	30%	50%
Teacher	30%	40%	35%	40%	40%
Parents	30%	25%	40%	30%	10%

The cross-tabulation reveals that students were most concerned with "Challenges," reflecting the difficulties they face in navigating bilingual education. Teachers focused more on "Language Use" and "Outcomes," indicating their dual role in both delivering education and assessing its effectiveness. Parents, on the other hand, showed a higher focus on "Community Engagement," emphasizing the importance of the school- community relationship in the success of the programs.

6.4 Correlation Analysis

Correlation analysis was conducted to explore the relationships between various quantitative aspects of the focus group responses and other variables such as participants' backgrounds (e.g., age, role, ethnicity) and their exposure to intercultural education programs.

The frequency of positive statements, the level of engagement during discussions, and other quantified measures were analyzed using Pearson and Spearman correlation coefficients to determine the strength and direction of relationships between these measures and participant demographics or levels of exposure to intercultural education.

Table 4. Pearson Correlation Coefficients

*Note: *p < 0.05, **p < 0.01

Variable	Age	Role	Exposure to Intercultural Education
Frequency of Positive Statements	0.32*	0.45**	0.58**
Level of Engagement	0.25	0.39**	0.65**

The analysis reveals significant positive correlations between exposure to intercultural education and both the frequency of positive statements ($r = 0.58$, $p < 0.01$) and the level of engagement ($r = 0.65$, $p < 0.01$). This indicates that participants who have greater exposure to intercultural education programs tend to express more positive sentiments and are more engaged in discussions. There is also a moderate positive correlation between the participants' roles (e.g., student, teacher) and their engagement level ($r = 0.39$, $p < 0.01$), suggesting that educators may be more engaged due to their direct involvement in implementing these programs.

7 Conclusions, Discussion and Future Research Avenues

The analysis of intercultural education in Mexico reveals significant progress in the integration of cultural and linguistic diversity within the educational framework. The implementation of key reforms, such as the 1994 introduction of intercultural bilingual education and the establishment of the Coordinación General de Educación Intercultural y Bilingüe (CGEIB) in 2001, marked a decisive shift towards inclusivity. These reforms have been instrumental in addressing the historical marginalization of Indigenous populations and promoting equity in education.

The development of intercultural universities, exemplified by Universidad Intercultural de Chiapas, has further advanced this agenda by providing educational opportunities that are congruent with Indigenous cultural identities. However, the success of these initiatives has been uneven, with significant regional disparities and challenges related to resources, teacher training, and community engagement. The case studies indicate that while intercultural education has led to positive outcomes, particularly in cultural preservation and student engagement, ongoing issues such as inadequate resources and inconsistent implementation continue to hinder the full realization of its potential.

Moreover, the role of private institutions, such as Tecnológico de Monterrey and Universidad Iberoamericana, demonstrates the varying approaches to intercultural education. These institutions have contributed to promoting cultural competence and global engagement, yet their impact on social justice and equity remains a subject of debate.

The findings underscore the complexities inherent in the integration of intercultural education within a diverse socio-cultural context like Mexico. The positive correlations between exposure to intercultural education and student engagement, as well as the challenges identified through cluster analysis, suggest that while intercultural education is beneficial, its implementation requires careful consideration of local contexts and resources.

Sentiment analysis revealed that participants generally view intercultural education positively, especially in terms of cultural relevance and outcomes. However, the negative sentiments associated with challenges highlight areas where further support is needed, particularly in bilingual instruction and the availability of culturally relevant materials.

These insights contribute to a broader understanding of how intercultural education can be improved and suggest that future efforts should focus on addressing the disparities in resource allocation and teacher training, as well as fostering greater collaboration between public and private institutions.

Future research should continue to explore the long-term impacts of intercultural education on both students and communities, particularly in regions where these programs have been less successful. Longitudinal studies could provide valuable insights into the sustainability of intercultural education initiatives and their effects on social mobility and cultural preservation.

Additionally, comparative studies between different regions and institutions, including both public and private sectors, could further elucidate the factors that contribute to successful implementation. This research could also benefit from a deeper investigation into the role of digital technologies in enhancing access to intercultural education, especially in remote and underserved areas.

Finally, expanding the scope of research to include a broader range of Indigenous communities and other marginalized groups will be crucial in ensuring that intercultural education continues to evolve in a way that is inclusive, equitable, and responsive to the needs of all students.

These recommendations aim to guide future efforts in strengthening intercultural education in Mexico and beyond, contributing to a more just and culturally diverse educational landscape.

Reference

- [1] Velasco Ortiz, Laura, & Rentería, Daniela. (2019). Diversity and interculturality: The Indigenous school in the context of migration. *Estudios fronterizos*, 20, e022. Epub 11 de diciembre de 2019. <https://doi.org/10.21670/ref.1901022>
- [2] Scott, D., Posner, C.M., Martín, C., Guzman, E. (2018). The educational system in Mexico. UCL Press. <https://doi.org/10.14324/111.9781787350724>
- [3] Rojas Morales, L.M. (2023). Diversity and inclusion in Indigenous schools through Mexico's intercultural bilingual education model. <https://www.sdg16.plus/policies/diversity-and-inclusion-in-Indigenous-schools-through-mexicos-intercultural-bilingual-education-model/>
- [4] SEP (2015). Historia de la Secretaría de Educación Pública. <https://www.gob.mx/sep/acciones-y-programas/historia-de-la-secretaria-de-educacion-publica-15650?state=published>
- [5] Hopkins, D., Ahtaridou, E., Matthews C., Toledo, D. (2007). Reflections on the performance of the Mexican Education System. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). https://sep.gob.mx/work/models/sep1/Resource/93128/2/Mex_PISA-OCDE2006.pdf
- [6] Vergara Fregoso, M., (2021). De la educación indígena a la educación intercultural En México, Colombia y Guatemala. *Debates, reflexiones y retos. Utopía y Praxis Latinoamericana*, 26(95), 11-24.
- [7] Köster, A. J., (2016). Educación asequible, accesible, aceptable y adaptable para los pueblos indígenas en México: Una revisión estadística. *Alteridad. Revista de Educación*, 11(1), 33- 52.
- [8] Perales Franco, C., McCowan, T. (2021). Rewiring higher education for the Sustainable Development Goals: the case of the Intercultural University of Veracruz, Mexico. *High Educ* 81, 69–88. <https://doi.org/10.1007/s10734-020-00525-2>
- [9] Apple, M. W. (2011). Paulo Freire, Critical Pedagogy And The Tasks Of The Critical Scholar/Activist. *Revista E-Curriculum*, 7(3), 1-21.
- [10] Kozulin, A., Gindis, B., Ageyev, V., Miller, S. (2003). Vygotsky's Educational Theory in Cultural

- Context. Cambridge University Press.
<https://catdir.loc.gov/catdir/samples/cam041/2002042902.pdf>
- [11] Hamel, R.E. (2017). Bilingual Education for Indigenous Peoples in Mexico. Springer International Publishing. <https://hamel.com.mx/Archivos-Publicaciones/75.-hamel,-rainer- enrique.-2018.-bilingual-education-for-Indigenous-peoples-in-mexico.pdf>
- [12] Dietz, G., & Cortés, L. S. M.. (2021). Rumo a um Sistema de Ensino Superior para Estudantes Indígenas? Universidades interculturais no México. *Educação & Realidade*, 46(4), e116232. <https://doi.org/10.1590/2175-6236116232>
- [13] Tecnológico de Monterrey (2024). Call for Global Shared Learning: Classroom. <https://tec.mx/en/internacionalization/global-classroom-call>
- [14] Tecnológico de Monterrey (2024). Intercultural Leadership. <https://samp.itesm.mx/Materias/VistaPreliminarMateria?clave=EH1019&lang=EN>
- [15] IBERO. (2024). Community Programs. <https://ibero.mx/community-programs>
- [16] Porter, L., Vazquez, M., Umansky, I. (2023). Bilingual Education and America's Future: Evidence and Pathways. https://civilrightsproject.ucla.edu/research/k-12-education/language-minority-students/bilingual-education-and-americas-future-evidence-and-pathways/bilingual-ed_06132023-082923-copyright.pdf
- [17] Ockenden, L. (2014). Positive learning environments for Indigenous children and young people. <https://www.aihw.gov.au/getmedia/107b2cd9-88f7-4e8e-8ab3-33718c966ff9/ctgc-rs33.pdf.aspx?inline=true>
- [18] Sanchez, E. (2023). Lack of Access to Quality Education for Rural Indigenous Communities in Chiapas, Mexico. <https://ballardbrief.byu.edu/issue-briefs/lack-of-access-to-quality-education-for-rural-Indigenous-communities-in-chiapas-mxico>

Estimación de la Distancia de Combate entre Boxeadores Amateurs y Posicionamiento en el Cuadrilátero mediante Visión por Computadora

Estimating Fighting Distance and Ring Positioning Between Amateur Boxers Using Computer Vision

Jose Carlos Montes González, Everardo Santiago Ramírez, René Noriega Armendáriz, Josué Domínguez Guerrero y Saúl González Campos

Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Avenida del Charro No.450 norte,
Col. Partido Romero, C.P.: 32320, Ciudad Juárez,
Chihuahua, México al177142@alumnos.uacj.mx, everardo.santiago@uacj.mx, rnoriega@uacj.mx,
josue.dominguez@uacj.mx, saugonza@uacj.mx

Fecha de recepción: 18 de septiembre de 2024

Fecha de aceptación: 27 de marzo de 2025

Resumen. La visión por computadora puede ser empleada para analizar objetivamente el rendimiento de los boxeadores amateurs. A diferencia de los métodos tradicionales que se basan en observaciones subjetivas, este trabajo presenta una aplicación para estimar de manera más precisa la distancia de combate y el posicionamiento de los boxeadores dentro del cuadrilátero. Utilizando un modelo de aprendizaje profundo pre-entrenado, el sistema procesa videos de peleas y calcula la distancia entre los combatientes y su ubicación dentro del cuadrilátero. Los resultados obtenidos demuestran la precisión y fiabilidad de este enfoque, lo que lo convierte en una herramienta útil para entrenadores y analistas deportivos. Esta aplicación puede ayudar a identificar fortalezas y debilidades, mejorar el entrenamiento y mejorar el rendimiento en futuras competencias.

Palabras clave: Visión por computadora, Aprendizaje profundo, Boxeo.

Summary. Computer vision can be used to objectively analyze the performance of amateur boxers. Unlike traditional methods that rely on subjective observations, this work presents an application to more accurately estimate the fight distance and positioning of boxers within the ring. Using a pre-trained deep learning model, the system processes fight videos and calculates the distance between the combatants and their location within the ring. The results obtained demonstrate the accuracy and reliability of this approach, making it a useful tool for coaches and sports analysts. This application can help identify strengths and weaknesses, improve training, and enhance performance in future competitions.

Keywords: Computer Vision, Deep Learning, Boxing.

1 Introducción

La visión por computadora se ha convertido en una herramienta indispensable en el análisis de videos deportivos debido a su capacidad para proporcionar momentos detallados y objetivos que son difíciles de obtener mediante observación convencional. En el ámbito del boxeo amateur, la capacidad para analizar el posicionamiento en el cuadrilátero y la distancia de combate son factores críticos que pueden influir significativamente en el desempeño de los boxeadores. El posicionamiento en el cuadrilátero se refiere a la ubicación estratégica y al movimiento de un boxeador dentro del mismo durante un combate, siendo este fundamental en su capacidad para atacar, defenderse y controlar el ritmo del combate.

Como se puede observar en la Fig. 1, el cuadrilátero se divide en tres zonas (Z1, Z2 y Z3). Z1 corresponde al centro, Z2 a las áreas adyacentes a los lados (o esquinas) y Z3 a las regiones opuestas a los lados.

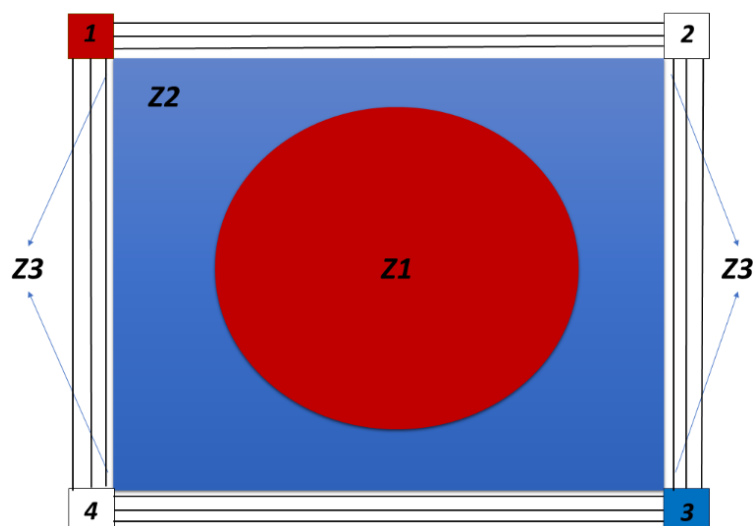


Figura 1. Zonas que conforman un cuadrilátero de boxeo.

La distancia en el boxeo es un factor crucial que determina el éxito de un combate. Las tres distancias principales —larga, media y corta— ofrecen a los boxeadores distintas opciones tácticas y técnicas. A mayor distancia, los púgiles pueden emplear golpes rápidos y directos, así como ganchos al hígado y *uppercuts*. En la distancia media, se amplía el repertorio de golpes, permitiendo el uso del cruzado. La distancia corta, por su parte, favorece los ataques cuerpo a cuerpo, donde la precisión y la potencia son fundamentales para conectar los golpes.

Ante la necesidad de contar con herramientas tecnológicas más precisas en el entrenamiento del boxeo, hemos fusionado el conocimiento empírico de los entrenadores con los avances en visión por computadora. El resultado es un prototipo que analiza videos de combates amateurs, proporcionando datos cuantitativos sobre variables clave como la distancia de combate y el posicionamiento en el ring. Al visualizar estos datos en tiempo real, los entrenadores pueden complementar su experiencia y optimizar el proceso de entrenamiento.

2 Estado del arte

El deporte es un componente fundamental de la cultura humana que abarca una amplia gama de actividades físicas que van desde el ejercicio recreativo hasta la competición profesional. El análisis en el deporte ha experimentado una transformación revolucionaria en las últimas décadas debido a los avances tecnológicos y la creciente disponibilidad de datos. Lo que solía ser una evaluación subjetiva y basada en observaciones ha evolucionado hacia un enfoque altamente objetivo, recopilando y estudiando conjuntos de datos provenientes de múltiples fuentes. La información recopilada se procesa utilizando herramientas tecnológicas avanzadas, las cuales permiten identificar patrones, tendencias y elementos clave dentro del juego.

En cuanto a la investigación de la visión artificial aplicada al deporte, es importante abordar la falta de datos e imágenes específicas para ciertos deportes, como por ejemplo el ráquetbol. En [1] se menciona una recopilación de imágenes del ráquetbol, encontrando poco volumen de información. Como solución se utiliza una cámara de alta resolución para capturar imágenes de la cancha y se utilizan técnicas de inteligencia artificial, como la detección de objetos, en la que el algoritmo detecta a los jugadores en las imágenes. Se detecta el movimiento de los jugadores y se utiliza un algoritmo de clasificación de objetos identificando así las técnicas de los jugadores. Se demuestra que el reconocimiento de acciones humanas en el deporte es una tarea difícil de llevar, pero con bastante potencial de mejora.

Se expuso en [2] que el problema fundamental en el deporte es el poco uso de inteligencia artificial, ya que esta aún no ha madurado lo suficiente. Debido a esto se propone el uso de una cámara de alta velocidad para capturar imágenes a 60 fotogramas por segundo permitiendo así capturar las imágenes de los jugadores con mayor detalle sobre su movimiento donde se obtiene la variabilidad de las acciones, también se propuso el uso de un algoritmo de detección y seguimiento de objetos para la identificación y rastreo de jugadores en videos. Se recomendaron métodos que han demostrado ser efectivos en el reconocimiento de acciones humanas en deportes.

Se examinó en [3] la problemática sobre los videos deportivos que son largos, lo que los vuelve muy tediosos de ver en su totalidad. Los espectadores solicitan un resumen de los momentos más importantes de una forma más clara y eficiente, sin dejar de lado el audio y video al procesarlo. Se creó un método para generar resúmenes de

videos deportivos. Los resultados arrojados muestran que es posible dar un resumen de los videos deportivos siendo fiel a su contenido original, además, los espectadores de un grupo de prueba concluyeron que los resúmenes eran más fáciles de ver y comprender que los videos originales.

Con respecto a la falta de visualización aceptable y de los análisis deportivos de manera efectiva, en [4] se menciona que los datos se utilizan en diferentes ámbitos. Cada una tiene su forma específica de visualización, por tanto, la solución propuesta fue una taxonomía de técnicas de visualización. Dicha taxonomía es fundamental para el entendimiento y los usuarios interesados en descubrir más del tema y términos como: tipo de datos, tareas de visualización, técnicas y sus respectivas definiciones. Además, estos se clasifican dependiendo de su área, estadísticas, movimiento, video y gráficos. La propuesta contribuye a una comprensión y aprovechamiento de la información en el ámbito deportivo.

Para los videos deportivos, donde se interponen los movimientos de la cámara, las oclusiones y el desenfoco, en [5] se menciona que se requiere de un algoritmo que pueda resolver estas necesidades y que sea adecuado para trabajarlo en tiempo real. Por lo tanto, se propuso un algoritmo de seguimiento para aplicaciones deportivas, el cual usa el método de Kalman y se ha optimizado en dispositivos móviles para su portabilidad. Este algoritmo destaca debido a la predicción de la posición y el movimiento del objeto de cada fotograma, utilizando la imagen actual para actualizar las imágenes. El algoritmo se ejecuta en dispositivos móviles, el cual siguió de manera precisa y efectiva objetos en videos deportivos, esto con un 95% de éxito y un tiempo de 10 milisegundos por fotograma.

En [6] se presentó lo difícil que es distinguir los objetos de los atletas en videos con movimiento a través de una cámara, esto debido a que los deportistas suelen ser similares en su forma física y es difícil detectar algunos objetos que quedan bloqueados. El movimiento de la cámara puede ser de manera impredecible, lo que puede tener detecciones erróneas y asociar detecciones de objetos. La solución empleada fue combinar dos algoritmos: Deepsort y Yolo V4. El primero se utilizó para crear un algoritmo que trabaja la re-identificación de objetos y utiliza aprendizaje profundo para asociar las detecciones de los objetos localizados, mientras que Yolo V4 es un algoritmo de detección de objetos que trabaja de manera rápida y precisa. Este método es robusto al manejar el seguimiento de los objetos, ya sea que tengan apariencia similar o escaneando la detección parcial del objeto y que es fácil de implementar.

3 Metodología

En el diagrama de la Fig. 2 se ilustra gráficamente el proceso implementado en la aplicación que se reporta en este documento para analizar los combates de boxeo. La entrada es un video en donde se vean de manera vertical ambos boxeadores, tal y como se muestra en la Fig. 3. En este video tanto la cámara como el cuadrilátero permanecen fijos. Una vez recibido el video de entrada, se obtiene la primera imagen en donde se asume que aparece un cuadrilátero. El usuario marca las cuatro esquinas del cuadrilátero, y también traza una circunferencia para delimitar el área de la Z1. Estas marcas son usadas en cada fotograma para identificar automáticamente la zona en que se encuentran los boxeadores.

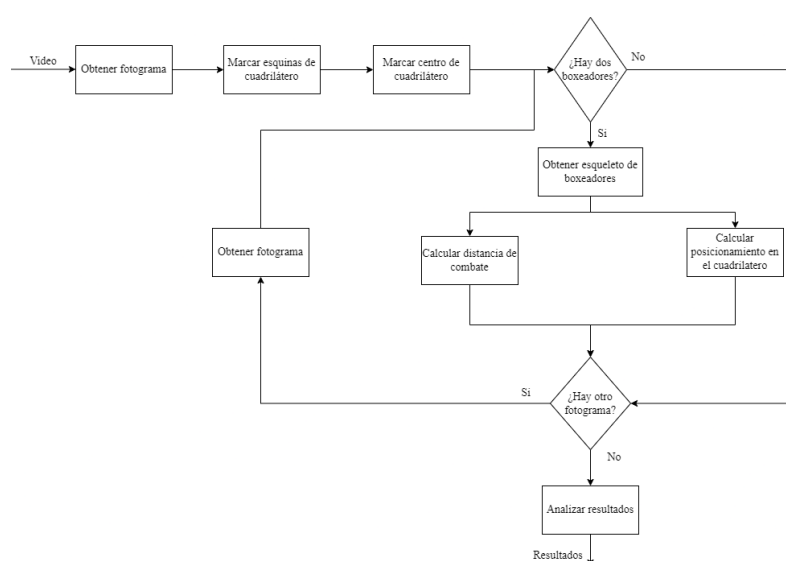


Figura 2. Diagrama de bloques para el análisis de videos de combates boxísticos.

Si el fotograma actual contiene dos boxeadores, entonces se obtiene el esqueleto de cada uno de ellos. El esqueleto humano se obtiene usando la biblioteca de visión por computadora Detectron2. Para esto se detectan puntos semánticos vitales, que en caso del cuerpo humano se refieren, principalmente, a las articulaciones. Ejemplo de articulaciones son hombros, codos, muñecas, rodillas, tobillos, entre otros. Estos puntos clave se asocian para formar el esqueleto. En la Fig. 3 se puede observar ejemplos de esqueletos de boxeadores.

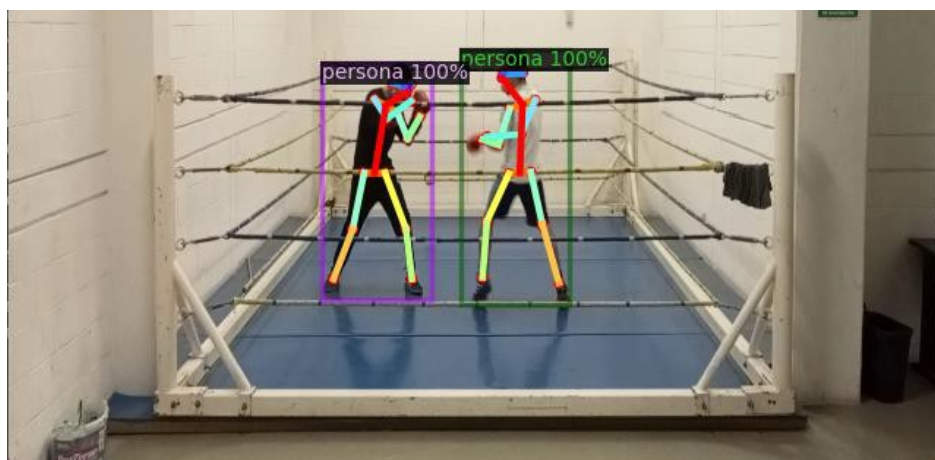


Figura 3. Esqueletos de los boxeadores en un combate.

Una vez obtenidos los esqueletos de los cuerpos de los boxeadores, se calcula la distancia entre los combatientes. Para esto, de todos los puntos clave, de cada boxeador se seleccionan solo los que corresponden a las rodillas, tobillos, muñecas y cabeza. Luego, se calculan las distancias euclidianas dr , dt , dm y dc entre las rodillas, tobillos, muñecas y cabeza de los boxeadores, respectivamente. Después, se calcula el promedio de las distancias $D = dr+dt+dm+dc$ y se determina el tipo de distancia:

$$\begin{aligned}
 & \text{corta si } D \leq \overline{u_1} \\
 \text{Tipo de distancia} &= \{ \text{media si } u_1 < D \leq u_2 \\
 & \text{larga si } D > \overline{u_2}
 \end{aligned}$$

donde u_1 y u_2 , son valores umbrales que delimitan las zonas Z_1 y Z_2 , respectivamente. Para definir el posicionamiento en el cuadrilátero de cada boxeador, se usan las ubicaciones del tobillo izquierdo ti y tobillo derecho td . Si estos se encuentran dentro de la circunferencia marcada por el usuario, entonces el boxeador se ubica en Z_1 . No obstante, si los tobillos se ubican fuera de esa circunferencia, pero dentro del cuadrilátero, entonces el boxeador se ubica en la Z_2 . En otro caso, el boxeador se encontraría en la Z_3 , lo cual indicaría que se encuentra fuera del cuadrilátero. Es fácil notar que para la distancia de combate se requiere información de ambos boxeadores, mientras que el posicionamiento en el cuadrilátero puede ser calculado de manera individual.

4 Resultados experimentales

La aplicación que implementa lo descrito en la sección anterior fue programada en el lenguaje de programación Python debido a su versatilidad y claridad, además de que es ideal para la ciencia de datos y aprendizaje máquina. Para el procesamiento de imágenes, se empleó la biblioteca de visión artificial OpenCV. Esta biblioteca se usó principalmente para la lectura y escritura de imágenes digitales.

Como se mencionó anteriormente, un elemento importante para el desarrollo del prototipo propuesto fue la biblioteca Detectron2 que implementa algoritmos de segmentación y detección. Esta biblioteca se usó para la detección de articulaciones del cuerpo de los boxeadores y formar así su esqueleto. No se requirieron datos nuevos para Detectron2 ya que esta viene con pesos previamente entrenados. La aplicación fue desarrollada usando las herramientas anteriores en el entorno Anaconda y en el sistema operativo Windows 11.

En la Figura 4 se muestra el resultado de la ejecución del prototipo propuesto en el primer fotograma. Las esquinas del cuadrilátero seleccionadas se muestran en círculos color verde. La circunferencia en rojo indica la Z_1 , la cual tiene que estar en el centro del cuadrilátero. De este círculo se deducen las demás zonas por donde se posicionan los boxeadores. Como se puede notar, la señalización precisa de estos puntos es importante para la correcta determinación del posicionamiento de los peleadores.

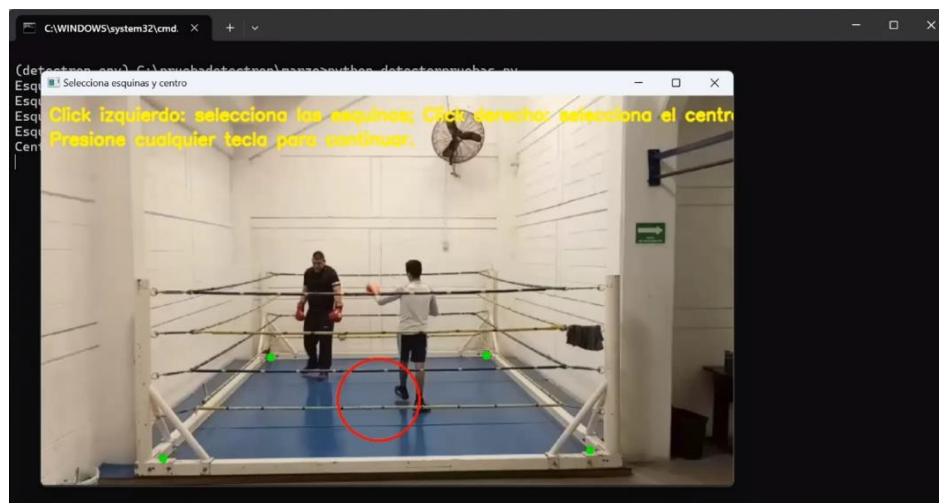


Figura 4. Selección de esquinas y zona central del cuadrilátero.

Una vez marcadas las esquinas y el centro del cuadrilátero, el prototipo empieza a obtener en cada fotograma el esqueleto de los boxeadores. Con los esqueletos se calcula la distancia de combate, que como se puede observar en la Fig. 5, conforme se avanza en el análisis del video, se muestra al usuario el porcentaje de tiempo que lleva el boxeador de interés en alguna zona del cuadrilátero y el número de fotogramas que ha realizado alguna distancia de combate. Esta forma de presentar el resultado permite al usuario ver los resultados en tiempo de reproducción. Para conocer mejor el funcionamiento del prototipo, se hicieron dos experimentos.

Este análisis permitió obtener información de un total de 196 fotogramas, de los cuales, los cuadros en donde el boxeador peleaba a distancia corta fueron 10, en distancia media 18 y distancia larga fueron 168. Para una mejor comprensión del funcionamiento del prototipo, se tomó solo un fragmento de 24 fotogramas. De estos, en solo 14 cuadros se detectaron a los dos boxeadores de manera correcta y se pudieron calcular la distancia de combate y el posicionamiento en el cuadrilátero. Esto sugiere que no todos los fotogramas de los videos contienen información útil, sin embargo, la mayoría de éstas contienen una cantidad sustancial de datos utilizables para extraer información significativa sobre la pelea de boxeo.

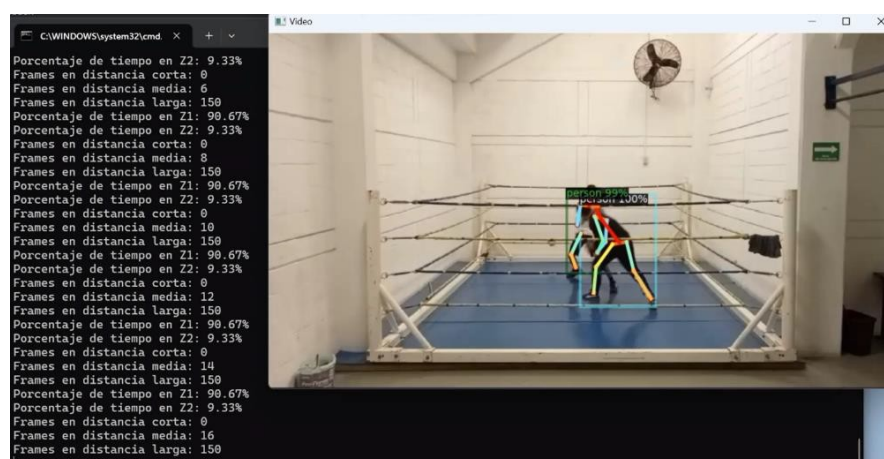


Figura 5. Resultados del prototipo propuesto durante la ejecución del prototipo.

El primer experimento tuvo como objetivo evaluar la capacidad del prototipo para calcular la distancia de combate entre dos boxeadores en un video de un combate real. El fragmento utilizado tuvo una duración 35 segundos donde se sintetizó un combate de 3 minutos con 16 segundos. En dicho video se puede observar a los boxeadores en movimiento, donde uno de ellos se encuentra de espaldas y se encuentran lanzando golpes en un cuadrilátero. Para analizar la distancia de combate, se utilizó un modelo de visión por computadora para seguir los puntos clave de los boxeadores en cada fotograma del video. A partir de esta información se calculó la distancia entre los boxeadores en cada momento del combate.

En el segundo experimento, se dio prioridad al análisis de la distribución del espacio de los boxeadores y su control del territorio dentro del cuadrilátero. Para ello, se usó un fragmento de video de un combate real de una duración de 46 segundos. Los boxeadores se mantuvieron en movimiento y lanzaron golpes en las zonas del

cuadrilátero. El prototipo se enfocó en seguir los tobillos para calcular la posición de ambos boxeadores en el cuadrilátero. Tomando solo en cuenta el fragmento de 18 cuadros, de los cuales se obtuvieron 11 que detectaron a los dos boxeadores de manera correcta. Los fotogramas efectivos fueron 11, los cuales permitieron obtener información relevante sobre la estrategia espacial de los boxeadores y su capacidad para controlar el territorio.

Ambos experimentos permiten observar la capacidad del prototipo para analizar el comportamiento de los boxeadores en un combate amateur. En el experimento 1, se evidencia la capacidad del prototipo para realizar mediciones de distancia de combate entre dos boxeadores en un cuadrilátero de boxeo. Por su parte, el experimento 2 se centró en el análisis del posicionamiento de los boxeadores en el cuadrilátero, dando resultados que permitieron comprender la distribución espacial de los boxeadores y su control del territorio durante el mismo. En conjunto, estos experimentos validan la efectividad del prototipo como herramienta para el análisis del movimiento en el boxeo, brindando nuevas posibilidades para su aplicación en el entrenamiento, el análisis de competencias y la investigación científica en el ámbito del boxeo en un futuro. Sin embargo, los resultados son precisos solo cuando un boxeador está a la izquierda y el otro a la derecha. Cuando se mueven hacia sus lados, los resultados pierden su precisión gradualmente. Una solución pudiera ser el empleo de la información de profundidad.

5 Conclusiones y trabajo a futuro

En este estudio, se ha presentado un prototipo innovador diseñado para calcular de manera precisa la distancia de combate y el posicionamiento de los boxeadores dentro del cuadrilátero. Los resultados obtenidos demuestran la viabilidad de analizar combates de boxeo empleando técnicas avanzadas de visión artificial. Esta información objetiva y detallada puede ser una herramienta invaluable para entrenadores, quienes podrán tomar decisiones estratégicas y personalizadas en el entrenamiento de sus atletas. El prototipo propuesto tiene el potencial de revolucionar el entrenamiento de boxeadores amateur al proporcionar datos cuantitativos sobre el desempeño de cada deportista. Estos datos permitirán a los entrenadores identificar con mayor precisión las fortalezas y debilidades de sus boxeadores, diseñar planes de entrenamiento altamente personalizados y adaptados a las necesidades individuales de cada atleta y desarrollar estrategias de combate efectivas y crear contra estrategias para enfrentar a diversos oponentes.

Como trabajo futuro, se plantea la necesidad de emplear información de profundidad para el cálculo de los datos y realizar pruebas más exhaustivas para validar la precisión de los cálculos del prototipo en una variedad de escenarios. Además, se buscará desarrollar una interfaz gráfica de usuario intuitiva que facilite la interpretación de los resultados por parte de los entrenadores. Finalmente, se explorará la posibilidad de procesar múltiples videos en paralelo para aumentar la eficiencia del sistema.

Referencias

- [1] M. Baclig, N. Ergezinger, Q. Mei, M. Gül, S. Adeeb, and L. Westover, “A deep learning and computer vision based multi-player tracker for squash,” *Applied Sciences*, vol. 10, p. 8793, 12 2020.
- [2] K. Host and M. Ivašić-Kos, “An overview of human action recognition in sports based on computer vision,” *Heliyon*, vol. 8, p. e09633, 06 2022.
- [3] Khan, J. Shao, W. Ali, and S. Tumrani, “Content-aware summarization of broadcast sports videos: An audio–visual feature extraction approach,” *Neural Processing Letters*, vol. 52, 12 2020.
- [4] M. Du and X. Yuan, “A survey of competitive sports data visualization and visual analysis,” *Journal of Visualization*, vol. 24, 08 2020.
- [5] V. Vovk, S. Skuratovskyi, P. Vyplavin, and I. Gorovyi, “Light-weight tracker for sports applications,” in *2019 Signal Processing Symposium (SPSymposium)*, pp. 251–255, 2019.
- [6] Y. Zhang, Z. Chen, and B. Wei, “A sport athlete object tracking based on deep sort and yolo v4 in case of camera movement,” in *2020 IEEE 6th International Conference on Computer and Communications (ICCC)*, pp. 1312–1316, 2020.

Sistema web para la venta de productos apícolas Web system for the sale of bee products

Carlos Enrique Espadas Landero, Eloisa Mendoza Vásquez, Cristian Omar Pérez Cruz , Diana Cristel Galicia Ruiz, Gregorio De Jesús Torres Sierra

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
División Académica Multidisciplinaria de los Ríos

Fecha de recepción: 19 de septiembre de 2024

Fecha de aceptación: 28 de marzo de 2025

Resumen. El artículo aborda la implementación de sistemas informáticos en la actividad apicultura, Actualmente los productos derivados de la apicultura son poco comercializados y muy demandados. De acuerdo con la SAGARPA aproximadamente existen 55 productores de miel registrados tan solo en Tabasco, sin embargo, para acceder a los mercados adecuados representa un desafío. Este sistema web busca revolucionar la manera en que se comercializan los productos de la apicultura. En resumen, AH KAB es una herramienta que beneficia tanto a los apicultores como a los consumidores, promoviendo el consumo de productos apícolas de calidad y apoyando a la industria apícola.

Palabras clave: Miel, Apicultor, Apicultura, Sistemas Informáticos.

Summary. This article addresses the implementation of computer systems in beekeeping. Currently, beekeeping products are under-marketed and in high demand. According to SAGARPA (National Association of Agricultural and Forestry Companies), there are approximately 55 registered honey producers in Tabasco alone; however, accessing the right markets is a challenge. This web-based system seeks to revolutionize the way beekeeping products are marketed. In short, AH KAB is a tool that benefits both beekeepers and consumers, promoting the consumption of quality bee products and supporting the beekeeping industry.

Keywords: Honey, Beekeeper, Beekeeping, Computer Systems.

1 Introducción

La apicultura, como práctica milenaria, ha desempeñado un papel crucial en la agricultura y la preservación del medio ambiente. Con el creciente interés en la sostenibilidad y la apreciación de los productos naturales, la demanda de productos de la colmena, como la miel, la cera de abejas, el polen, propóleo, jalea real y otros subproductos, está en constante aumento.

Sin embargo, para los apicultores y los entusiastas de la apicultura, acceder a los mercados adecuados y encontrar los productos de calidad a menudo puede ser un desafío. Es aquí donde entra en juego nuestro sistema web “AH KAB”. Diseñada con el propósito de conectar a productores y consumidores de productos apícolas de manera eficiente y segura, nuestra plataforma proporciona una solución integral para las necesidades relacionadas con la apicultura.

2 Estado del arte

La apicultura, la práctica de criar abejas, ha evolucionado significativamente en las últimas décadas. Para los apicultores, una plataforma que proporcione vitrina virtual para promocionar y vender sus productos directamente a los consumidores, eliminando intermediarios y maximizando sus ganancias.

3 Metodología usada

La metodología utilizada es el prototipado es una técnica de diseño que consiste en crear una versión simplificada y funcional de un producto o sistema, en este caso, un sistema web. Este prototipo sirve como una representación visual e interactiva de cómo se verá y funcionará el producto final. La metodología de prototipado

está relacionada con la mejora continua y el Ciclo de Deming que consiste en un proceso iterativo enfocado en diseñar, implementar, medir y ajustar un plan.

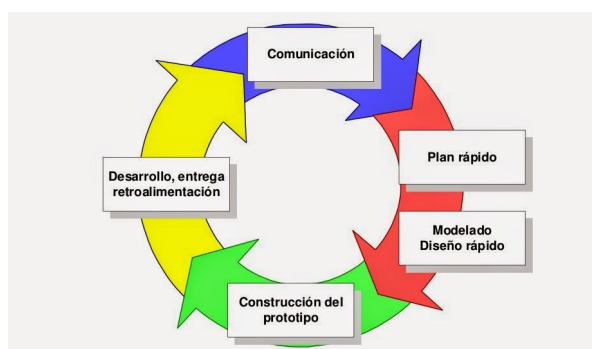


Figura 1

4 Resultados experimentales

Las pruebas realizadas por AH KAB, se basó en crear una aplicación móvil de la cual resultó mejor accesible el usar un sistema web.



Figura 2

5 Conclusiones

En resumen, AH KAB está enfocada en la apicultura y no solo facilitará el acceso a productos apícolas auténticos y de calidad, sino que también fomenta el apoyo a los apicultores locales y contribuye al crecimiento y la sostenibilidad de la industria apícola en su conjunto.

Referencias

(Elaboración de una plataforma digital para el desarrollo comercial de las PYMES productoras de miel de abeja del Ecuador para fomentar su consumo por Freire Vaccaro, Melanie Rocío y Rojas Reyes, Manuel Enrique).

Implementación de sistema informático para el registro de pago para proveedores Implementation of a computer system for supplier payment registration

Yareli Marisol Aguilar Torres, Gilberto Eduardo Domínguez García, Rogelio Uco Sánchez, Jorge Luis Estrada Rivera, Daniela Suy Cuj, Karla Citlaly Jimenez Cruz

Universidad Juarez Autónoma de Tabasco
Division Académica Multidisciplinaria de los Ríos

Fecha de recepción: 19 de septiembre de 2024

Fecha de aceptación: 28 de marzo de 2025

Resumen. El artículo aborda la implementación de sistemas informáticos en los procesos de registros de pagos de proveedores con el objetivo de garantizar la eficiencia, seguridad y transparencia en el proceso de pago a proveedores.

A través de este sistema de los proveedores tendrán acceso a información de tallada sobre sus pagos incluyendo facturas, ordenes de compra, estado de cuenta y fechas de pago. El contar con un registro sobre los pagos realizados es un requisito indispensable para la realización de pagos y es responsabilidad del proveedor asegurarse de que la información proporcionada sea precisa y completa.

Palabras clave: Sistemas, registros, pagos, proveedores.

Summary. This article addresses the implementation of computer systems in supplier payment record processes with the goal of ensuring efficiency, security, and transparency in the supplier payment process.

Through this system, suppliers will have access to detailed information about their payments, including invoices, purchase orders, account statements, and payment dates. Maintaining records of payments is an essential requirement for making payments, and it is the supplier's responsibility to ensure that the information provided is accurate and complete.

Keywords: Systems, records, payments, suppliers.

1 Introducción

El objetivo del presente proyecto es diseñar y desarrollar un sistema de pago a proveedores que permita a la empresa gestionar de manera eficiente y segura el proceso de pago a sus proveedores, el sistema se encargara de optimizar los tiempos el proceso de pago, reducir errores al realizar los pagos y mejorar la relación comercial entre la empresa y el proveedor al tener una forma segura y optima de llevar el registro de sus pagos y facturas.

2 Estado del Arte

Las transferencias de fondos que se realizan entre los participantes en un sistema de pagos conforman redes de valor que, por su naturaleza, están expuestas a riesgos financieros de diverso género y, en particular, al potencial de riesgo sistémico. La incidencia que ello tendría sobre la estabilidad financiera, la transmisión de la política monetaria y la actividad económica son algunas de las razones que explican el interés de los Bancos Centrales por promover los objetivos de seguridad y eficiencia en los sistemas de pago. Los aportes de la física estadística en el análisis de redes complejas han permitido reconocer la estrecha relación existente entre la estructura, el funcionamiento de la red y su estabilidad. Soportado en esta rama de la física, este documento constituye una primera aplicación de la topología de redes al análisis de la red de valor que se conforma entre los participantes del Sistema de Pagos de Alto Valor CUD de Colombia. La identificación de la topología y de las propiedades de ésta red, junto con la cuantificación del impacto de algunos choques simulados sobre la estabilidad y el valor liquidado en la red, son los objetivos principales que persigue esta investigación. Se concluye que las eventuales perturbaciones simuladas tienen un efecto significativo sobre el flujo normal de los pagos, tanto por el resquebrajamiento de la infraestructura de pagos como por los problemas de coordinación que se derivan entre sus participantes. Con base en tales resultados es posible sugerir una serie de políticas encaminadas a garantizar el flujo normal de los pagos, ya sea mediante acciones preventivas que reduzcan la probabilidad de ocurrencia de

interrupciones en el sistema o correctivas que permitan, ante la eventual realización de estas interrupciones, la pronta recuperación de la estabilidad de la red de pagos. (Cepeda & Hernán, 2008).

Dentro de los múltiples procesos existentes en toda empresa, el pago de facturas a proveedores se ha transformado en un problema para la compañía, por lo que este trabajo propone un rediseño que solucione lo anterior. El principal problema que la empresa declara con respecto al pago de facturas, es la gran cantidad de éstas que se acumulan sin que puedan ser pagadas, lo que se traduce en una mala relación con los proveedores, quienes con justa razón reclaman por no recibir sus pagos en los plazos estipulados. Sin embargo, no se manejan métricas y tampoco los empleados de la empresa que participan en esta cadena tienen claro el proceso de pago de facturas como un todo, lo que implica que no se enteren de cómo afectan a otros usuarios que participan en el ciclo. Por esta razón, para abordar el problema se consideró todo el proceso de pago desde el momento en que los insumos son solicitados en las obras hasta que se produce la imputación del pago de las facturas recibidas producto de los insumos solicitados. Además, se consideraron los distintos sistemas informáticos que participan y como se relacionan entre sí. Junto a lo anterior, fue necesario levantar métricas de interés que permitieran conocer con mayor detalle tiempos en el desarrollo de actividades y costos asociados a éstas, información fundamental para poder realizar un buen diagnóstico. El levantamiento de los procesos de la situación actual, así como el posterior rediseño se realizó a través de Diagramas de Flujos, una herramienta útil y de fácil comprensión. Las métricas se obtuvieron a través de información entregada por la empresa, pero también hubo que levantarlas manualmente en los casos que la compañía no manejaba datos sobre alguna variable de interés. Una vez que se identifica la problemática se proponen nuevas prácticas, procesos y automatización de actividades de manera de lograr reducir el tiempo de pago de las facturas. Además se definen claramente los sistemas de información que se deberían ocupar para llevar a cabo el nuevo proceso. En la elaboración de esta propuesta se consideró la importancia de los recursos humanos en una empresa y por lo tanto su injerencia para que cualquier instancia de innovación funcione correctamente. Por lo tanto se estableció un plan de gestión del cambio en el que se definen mecanismos que podrían facilitar la implementación del proyecto. Por último se realizó una evaluación económica considerando todos los ahorros que podrían generarse del rediseño, así como los posibles costos de implementación en los que se deberían incurrir. El flujo de caja realizado arrojó un VAN de \$ 3.802.559 considerando que el proyecto esté completamente implementado en un año, lo que es bastante auspicioso, ya que lo que se busca es reducir el tiempo de pago de facturas sin incrementar los costos. En general se puede concluir que este proyecto es completamente realizable desde el punto de vista económico y porque además se consideraron todos los actores que participan en el proceso de manera de que existan incentivos para que éstos ejecuten los cambios 5 propuestos, disminuyendo de esta manera la resistencia al cambio y asegurándose un mayor éxito en la implementación. (Ovando Cortés, 2009).

El presente trabajo de investigación se planteó como principal objetivo de determinar la relación entre Sistema Integrado de Administración Financiera y procedimientos de pagos a proveedores de la Superintendencia Nacional de Bienes Estatales, 2017, en torno a la siguiente hipótesis general existe relación positiva y significativa entre el Sistema Integrado de Administración Financiera y procedimientos de pagos a proveedores de la Superintendencia Nacional de Bienes Estatales, 2017. La investigación realizada empleó el método hipotético deductivo, utilizando un diseño no experimental, ya que la información se ha obtenido sin manipular las variables, además el estudio es de corte transversal de nivel correlacional. La población de la investigación fue de 28 personas conformadas por los Profesionales y Técnicos de la Superintendencia Nacional de Bienes Estatales que tienen relación con la gestión y manejo del tema de estudio, a través de un muestreo se consideró 28 personas, a quienes se le aplicó mediante la técnica de la encuesta, dos cuestionarios para recoger información referente a las dos variables de estudio. Sistema Integrado de Administración Financiera (SIAF) y Procedimiento de Pagos a Proveedores. Ambos cuestionarios se emplearon en escala Likert, instrumentos que fueron elaborados por la investigadora. (Valdivia Soto, 2017).

3 Metodología usada

3.1 El modelo de metodología usado es un modelo incremental.

La metodología incremental para el desarrollo de software a pesar de ser tradicional es clave aprenderla y utilizarla para los estudiantes que cursan los niveles iniciales y medio de las carreras de software, debido a que aprenden a trabajar de forma metódica por etapas y permite reflejar el trabajo no solo para sí mismo sino también para el usuario del sistema, además que es una etapa de transición entre el uso de una metodología tradicional y ágiles. Se busca demostrar que su uso está vigente y bajo qué circunstancias. Se han desarrollado encuestas y entrevistas, y reflejan el valioso aporte de su utilización y los excelentes resultados obtenidos. Es fundamental aprender sus particularidades y aplicarlos. (León Yacelga, Acosta Espinoza, & Díaz Vásquez, 2021).

3.2 Características del modelo

La metodología incremental parte de un diseño inicial con características básicas, conocida como bosquejo de descripción y luego conforme avanza el desarrollo se van realizando versiones cada vez más completas del sistema, hasta llegar a una versión final que satisface completamente las necesidades del usuario y cumple con todos los requerimientos de información y administración de esta. (Pressman, 2010) , comenta que el modelo incremental aplica secuencias lineales en forma escalonada, a medida que avanza el cronograma. Entre las actividades concurrentes se menciona la especificación, donde se dan los requisitos y se recolecta la información específica para ese incremento, con el respectivo análisis y diseño, para pasar a la fase de desarrollo en el lenguaje de programación seleccionado, al final se validan los resultados obtenidos con los requisitos iniciales del incremento y se van entregando las versiones intermedias del sistema. Estas iteraciones se repetirán hasta obtener un producto que satisfaga las necesidades del cliente (Martínez Torres, 2008).

3.3 Ciclo de vida del modelo de desarrollo

Cuando hablamos de un Proyecto, podemos definirlo como “un esfuerzo temporal llevado a cabo para crear un producto, servicio o resultado único”. Para facilitar la gestión de un proyecto de cualquier índole, este se divide en fases que a su vez forman lo que se denomina “Ciclo de Vida del Proyecto” (ISO, 1998). Existen distintos modelos de ciclo de vida de proyectos que pueden aplicarse. Entre los más conocidos y utilizados podemos mencionar: Modelo en Cascada (Royce, 1987), cuyas fases siguen un orden secuencial y en donde una de ellas empieza cuando su predecesora se completa; El Modelo Iterativo que consiste en entregar una primera versión completa del sistema en la primera iteración y que se irá mejorando en las iteraciones posteriores; y el Modelo Incremental , en dónde se inicia con un conjunto de requisitos a cubrir y mediante una secuencia de fases, éstas van añadiendo nuevas funcionalidades al software hasta completar el producto final. (VILLANUEVA BENDEZÚ, 2013).

Cualquiera que fuera el modelo de ciclo de vida que se elija para la gestión de un proyecto de software, debe contar con actividades de planificación y estimación para poder llevarse a cabo. Entre las más generales podríamos nombrar:

- Definir el alcance del proyecto y los requerimientos.
- Planificar y secuenciar las actividades a desarrollar.
- Planificar los recursos necesarios para llevar a cabo las actividades (humanos, tecnológicos, de infraestructura).
- Planificar la duración de las actividades.
- Planificar los Costos (VILLANUEVA BENDEZÚ, 2013).

3.4 Ventajas del modelo

Entre las ventajas sobre la metodología de cascada se puede mencionar que es más fácil obtener la retroalimentación por parte del cliente, debido a que al momento de realizar los incrementos el usuario puede utilizar el sistema en las versiones intermedias y realizar las observaciones y recomendaciones necesarias antes de continuar con los incrementos, lo que impacta en un sistema mejor desarrollado y con un alto grado de aceptación, conforme lo señala.. (Sommerville, 2011).

4 Factibilidad técnica

Para el funcionamiento de la aplicación, se requiere de equipo móvil con la capacidad técnica que soporte los procesos realizados por los usuarios, que ofrezcan exactitud y confiabilidad en la información.

5 Modelo relacional

La estructura fundamental del modelo relacional es la relación, es decir una tabla bidimensional constituida por filas (tuplas) y columnas (atributos). Las relaciones representan las entidades que se consideran

interesantes en la base de datos. Cada instancia de la entidad encontrará sitio en una tupla de la relación, mientras que los atributos de la relación representan las propiedades de la entidad. Por ejemplo, si en la base de datos se tienen que representar personas, podrá definirse una relación llamada "Personas", cuyos atributos describen las características de las personas.

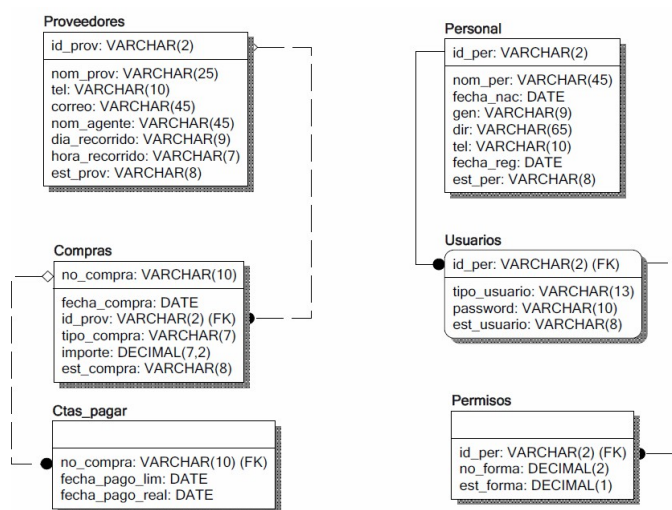


Figura 1.

6 Resultados experimentales

Las pruebas realizadas al sistema(PAGOINNOVA) mediante el pago a proveedores, las cuales constaron de efectuar pagos constantes lo que dio como resultado que la herramienta fue efectivo para optimizar y agilizar el proceso de pago a proveedores al ser fácil de usar para los usuarios.

7 Conclusiones

En conclusión, el sistema para pago de proveedores desarrollado en este proyecto demostró ser una herramienta eficaz y eficiente para gestionar el proceso de pago, siendo un sistema con escalabilidad, flexible y fácil de usar.

Referencias

- [1] León Yacelga, A. R., Acosta Espinoza, J. L., & Díaz Vásquez, R. A. (2021). Aplicación de la metodología incremental en el desarrollo de sistemas de información. Revista Universidad y Sociedad.
- [2] Cepeda, L., & Hernán, F. (8 de Mayo de 2008). Banco de la republica COLOMBIA. Obtenido de La topología de redes como herramienta de seguimiento en el sistema de pagos de alto valor en Colombia: <https://repositorio.banrep.gov.co/items/c4a91ac2-028d-4190-adf3-e91edf32916e>
- [3] Diaz Castillo, A., Sardiñas López, Y., Castillo Corría, E., & Padilla Corrales, C. (2014). Caracterización de ranchos ganaderos de Campeche, México. Resultados de proyectos de transferencia de tecnologías. Universidad de Colima.
- [4] Martínez Torres, M. R. (2008). Estudio y Análsis de las listas de distribucion en proyectos de software de codigo abierto como medio para compartir conocimiento . Investigaciones Europeas de Direccion y Economia de la Empresa.

- [5] Nava Perez, H. A., Jimenez Celis, J. F., Gonzalez Vazquez, L. G., & Cardenas Zanabria, E. (2018). Revista Simulacion Computacional . ECORFAN.
- [6] Ovando Cortés, C. P. (2009). Rediseño en el Sistema de Pago de Facturas a Proveedores en la Empresa Constructora Almagro. Santiago de Chile: Repositorio Academico de la Universidad de Chile.
- [7] Pressman, R. (2010). Ingenieria de Sftware un Enfoque practico . McGrawHill. Quiroz, J. (2003). El modelo relacional de bases de datos.
- [8] Sommerville, I. (2011). Ingeniería de Software. Pearson Educación.
- [9] Valdivia Soto, R. A. (2017). Sistema Integrado de Administración Financiera y procedimeintos de pagos a proveedores de la Superintendencia Nacional de Bienes Estatales, 2017. Peru: Universidad Cersa Vallejo.
- [10] Villanueva bendezú, d. V. (2013). Validación de técnicas de estimación de esfuerzo en proyectos de software con ciclos de vida incremental y paradigma orientado a objetos. Lima Peru: Pontificia Universidad Católica del Perú Escuela del Posgrado.

De Jugadores a Programadores: Un Prototipo de Juego Serio como Herramienta Educativa

From gamers to programmers: a serious game prototype as an educational tool

Oscar Zatarain Aguirre¹, Abraham López Nájera², Alejandra Mendoza Carreón³, Cynthia Vanessa Esquivel Rivera⁴ y René Noriega Armendáriz⁵

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Instituto de Ingeniería y Tecnología, Av. Del Charro #450 norte, Colonia Partido Romero, C.P. 32310, Ciudad Juárez, Chih. México

¹al132279@alumnos.uacj.mx, ²abraham.najera@uacj.mx, ³alemendo@uacj.mx, ⁴cyesquiv@uacj.mx, ⁵rnoriega@uacj.mx

Fecha de recepción: 20 de septiembre de 2024

Fecha de aceptación: 28 de marzo de 2025

Resumen. Las industrias requieren cada vez más que las personas tengan conocimientos de programación. El objetivo fue desarrollar un prototipo de juego que introduzca a los jóvenes en la programación utilizando líneas de código de una forma lúdica. Se utilizó la metodología de prototipos ya que se adaptaba mejor en la planeación, desarrollo y evaluación del proyecto. Las escuelas tienen problemas para introducir a los estudiantes a la programación ya que es un tema complejo de integrar al plan educativo sin las herramientas adecuadas, y de igual manera, es difícil de aprender por cuenta propia para cualquier joven interesado. Esto ha sido un problema para las industrias ya que hace falta talento en el área de informática. Para poder asistir a las instituciones en este problema se ha desarrollado un juego serio que facilita a los estudiantes la introducción a la programación brindando la oportunidad de practicar de una forma entretenida.

Palabras clave: Programación, Juegos serios y Educación.

Summary. Industries increasingly require programming skills from individuals. The objective was to develop a game prototype that would introduce young people to programming using lines of code in a playful way. The prototyping methodology was used because it was better suited for project planning, development, and evaluation. Schools struggle to introduce students to programming because it is a complex subject to integrate into the curriculum without the appropriate tools, and it is also difficult for any interested young person to learn independently. This has been a problem for industries because there is a lack of talent in the computer science field. To assist institutions with this challenge, a serious game has been developed that facilitates students' introduction to programming by providing the opportunity to practice in an entertaining way.

Keywords: Programming, Serious Games and Education.

1 Introducción

La tecnología se integra cada vez más en el funcionamiento de las industrias y esto genera una creciente demanda de profesionales con conocimientos en programación. Desarrollar habilidades de pensamiento computacional se ha vuelto esencial, ya que permite a las personas resolver problemas de manera lógica y eficiente, habilidades altamente valoradas en el entorno laboral actual. Con el progreso de la tecnología, su accesibilidad también aumenta, permitiendo a los jóvenes familiarizarse más con las computadoras desde una edad temprana. Las instituciones educativas pueden aprovechar esta familiaridad para fomentar estas habilidades mediante la implementación de nuevas técnicas de enseñanza, como la gamificación y los juegos serios.

Para desarrollar este tipo de software, existe una amplia variedad de herramientas disponibles, que incluyen programas para la creación de gráficos 2D y 3D, motores de juego y software para la generación de música. Este documento presenta la creación de un prototipo de juego serio desarrollado bajo la metodología de prototipos para el desarrollo de software, la cual permite iterar rápidamente, obtener retroalimentación temprana y realizar ajustes continuos, asegurando que el producto final sea funcional y esté alineado con las necesidades de los usuarios. Además, se incluyen pruebas realizadas con estudiantes de nivel medio superior para evaluar la usabilidad del prototipo en la introducción de los jóvenes a la programación, utilizando computadoras con acceso a internet y probando en los tres navegadores más comunes.

2 Estado del Arte

Al comenzar a programar a una edad temprana, los estudiantes se familiarizan con conceptos tecnológicos clave para entender el entorno digital actual, lo que resulta altamente beneficioso, ya que no solo les permite desarrollar habilidades esenciales como la resolución de problemas y el pensamiento computacional, sino que también puede estimular su interés en las ciencias de la computación. Este enfoque no solo mejora su interacción con la tecnología, sino que también los prepara para un mercado laboral cada vez más orientado hacia lo digital, permitiéndoles explorar y crear con tecnología desde el principio [1]. Sin embargo, en el campo de la programación, la demanda de talento supera significativamente la oferta. Un estudio de la Oficina de Estadísticas Laborales de Estados Unidos predijo que para el año 2020 existirían 1.4 millones de empleos en el área de ciencias computacionales, pero señaló que solo habría 400,000 graduados disponibles para cubrir esos puestos, lo que evidencia una brecha considerable en la fuerza laboral calificada [2].

La gamificación ha demostrado ser una herramienta efectiva en la enseñanza de la programación, ya que aumenta la motivación y la participación de los estudiantes mediante el uso de puntos, insignias y retos interactivos. Estudios han mostrado que técnicas gamificadas mejoran la comprensión y el rendimiento en cursos de programación, al hacer el aprendizaje más atractivo y accesible para los alumnos. Sin embargo, también se destacan algunos desafíos, como la necesidad de un diseño cuidadoso para evitar que la gamificación se convierta en una distracción en lugar de una ayuda educativa [3].

Existen varios diseños de juegos que se han probado para facilitar el aprendizaje de los jóvenes en esta área. Algunos de estos diseños requieren que los jóvenes escriban líneas de código o utilicen bloques para familiarizarse con el concepto de programación. A continuación, se mencionan algunos.

CodeCombat es una plataforma educativa que enseña programación mediante juegos interactivos. Los usuarios resuelven desafíos de codificación para controlar personajes y completar tareas en un entorno de fantasía. La plataforma admite lenguajes como Python y JavaScript, haciendo el aprendizaje de la programación atractivo al integrar ejercicios en un formato de juego [4].

Tok-program es un software para la enseñanza de programación que está basado en la interacción tangible que incluye actividades de aprendizaje relacionadas con diseño algorítmico, introducción a la programación, control de flujo, organización de datos y modularidad [5].

Karel the Dog es una herramienta educativa para enseñar programación mediante un entorno interactivo. En el curso CodeHS, Karel, un perro robot, realiza tareas en una cuadrícula. Los estudiantes escriben código para guiar a Karel en la navegación, recolección de objetos y resolución de acertijos, aprendiendo conceptos fundamentales como ciclos, condicionales y funciones de manera práctica [6].

Scratch fue desarrollado por el MIT, y es un lenguaje de programación visual donde los usuarios crean historias, juegos y animaciones interactivas utilizando un sistema de codificación basado en bloques. Está diseñado para que niños y principiantes aprendan conceptos de programación de una forma creativa y lúdica [7].

CSS Grid Garden es un juego en línea que enseña técnicas de diseño de CSS Grid. Los jugadores resuelven desafíos de codificación para posicionar y diseñar elementos en un jardín virtual, recibiendo retroalimentación inmediata. Es una manera divertida y práctica de aprender CSS Grid [8].

3 Metodología

Para desarrollar el prototipo de juego, se empleó la metodología de desarrollo por prototipos [9], que facilita la planificación y creación rápida de diseños. Se llevaron a cabo tres ciclos: diseño de interfaz y menús, creación de mecánicas de juego, y mecánicas avanzadas, y en cada ciclo se incluía la obtención de retroalimentación para refinar el prototipo. El juego permite a los usuarios escribir código para controlar acciones y progresar en los niveles, ofreciendo así una introducción a la programación.

3.1 Primer ciclo - Diseño de interfaz y menús

Para el desarrollo del software, los requisitos mínimos del equipo incluían 4 GB de RAM, un procesador Intel Core i7-3770, 100 GB libres en el disco duro y Windows 10. La interfaz del prototipo debía permitir una navegación clara con textos descriptivos, una disposición intuitiva de los elementos y un esquema de colores agradable. Además, los botones debían indicar visual y auditivamente su activación.

El prototipo se desarrolló en Unity 3D, que ofrece herramientas para crear menús e interfaces. La interfaz incluye áreas para jugar, escribir, visualizar y ejecutar líneas de código, y opciones del juego, todo diseñado con una temática de magia y fantasía, como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Interfaz de usuario.

Se evaluó el prototipo con 16 voluntarios, identificando mejoras como reubicar el botón para mostrar comandos y añadir un botón de cierre para el menú, que inicialmente obstruía la vista del juego. Las mecánicas del juego incluían la introducción y reconocimiento de código, asistencia en errores, reproducción de música de ambiente y un tutorial sobre las mecánicas.

Las mecánicas permiten al jugador controlar al personaje mediante líneas de código predefinidas, moviéndose en cuatro direcciones arriba, abajo, izquierda y derecha, e interactuando con el entorno. El nivel se completa al cumplir los objetivos, como llegar a la salida o recolectar objetos, con un menú de texto que guía al jugador en el uso de comandos y la progresión a los siguientes niveles.

3.2 Segundo ciclo - Creación de las mecánicas de juego

Se construyó el prototipo usando diseño rápido e implementando las mecánicas del juego en Unity, exportado a un servidor web para pruebas. Un tutorial guiado por el personaje principal enseña las mecánicas del juego, como se muestra en la Figura 2. El reconocimiento de comandos se realiza en un campo de texto que divide y compara las instrucciones con una lista interna, marcando las correctas en verde y las incorrectas en rojo.



Figura 2. Prototipo del tutorial de juego.

El movimiento del personaje se gestiona mediante nodos que definen las direcciones disponibles, esto se muestra en la Figura 3. El objetivo del nivel es obtener la llave y llegar a la puerta; al completarlo, el usuario avanza al siguiente nivel.



Figura 3. Prototipo de la mecánica de movimiento.

En una segunda sesión de pruebas, se identificaron errores en el diseño y se ajustó la mecánica de introducción de código. La retroalimentación indicó que el tutorial no era lo suficientemente claro, por lo que se

mejoró con imágenes explicativas. Además, se añadió un sistema que muestra el camino hacia el siguiente nodo disponible y se actualizó el tutorial con esta información.

3.3 Tercer ciclo - Mecánicas avanzadas

Para el tercer ciclo, se incluyeron mecánicas avanzadas como mostrar los puntos de vida del jugador, una pantalla de derrota, enemigos que dañan al jugador y otorgan maná al ser vencidos, y la capacidad de atacar y usar poderes especiales. Al finalizar una partida, el sistema califica al jugador y ofrece opciones para rehacer o avanzar de nivel, además permite usar un comando para repetir acciones.

Estas mecánicas añaden complejidad al juego con recursos adicionales y obstáculos. Los puntos de vida, maná y la disponibilidad del poder más fuerte se muestran mediante imágenes en la pantalla. El jugador puede atacar enemigos a corta distancia, ganar puntos para hechizos adicionales, y se muestra una pantalla de derrota si pierde todos los puntos de vida.

Se incluye una pantalla de selección de niveles para visualizar el progreso y la puntuación de cada nivel. El jugador inicia con 3 puntos de vida y pierde la partida si llegan a cero. Los enemigos son el principal obstáculo y se eliminan con el comando de ataque, que también otorga puntos de maná, la Figura 4 muestra la eliminación de un enemigo.

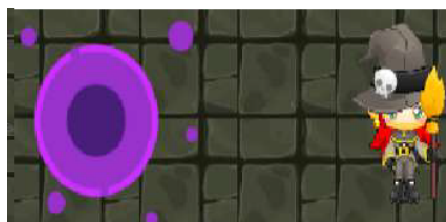


Figura 4. Enemigo siendo derrotado.

El sistema de calificación asigna entre una y tres estrellas según el número de movimientos utilizados en el nivel. Se añadió un menú de derrota para reiniciar el nivel o elegir otro, y un menú de selección de niveles para elegir desafíos y ver el progreso. Se implementó un comando para repetir acciones y un botón para eliminar comandos rápidamente. Además, se modificó el sistema de calificación para no contar las repeticiones de comandos, y se añadió una mecánica para pasar por distintos puntos múltiples veces para cumplir objetivos, como lo muestra la Figura 5.



Figura 5. Puntos por los que el jugador tiene que pasar para obtener una llave.

4 Resultados experimentales

Durante las pruebas se recibieron 35 alumnos de secundaria y preparatoria que probaron el software y contestaron una encuesta. Esta se realizó en Google Forms, ya que permite crear cuestionarios para que los usuarios proporcionen respuestas y recolectar la información. Las respuestas a las preguntas van de acuerdo con la escala de Likert teniendo una escala de 5 opciones, Totalmente en Desacuerdo como la cantidad mínima y Totalmente de Acuerdo como la cantidad máxima. A continuación, se muestran los resultados obtenidos; las preguntas van en relación con la usabilidad y utilidad del juego.

4.1 Resultados de Usabilidad

La Figura 6a muestra la gráfica obtenida con la información a la pregunta ¿Los elementos de la interfaz comunican bien su función? Teniendo como mayores resultados De acuerdo con un 65% y Totalmente de acuerdo con 28%. La Figura 6b son los resultados obtenidos de la pregunta ¿El tutorial es claro al explicar las funciones del juego? Donde los resultados en su mayoría fueron 45% para Totalmente de acuerdo y De acuerdo.

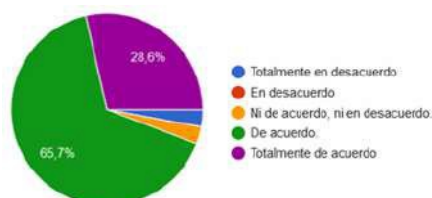


Figura 6a. Pregunta 1 Usabilidad

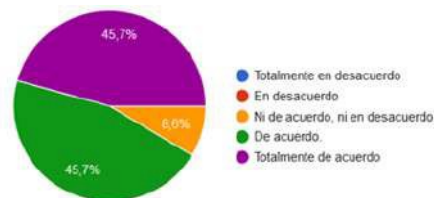


Figura 6b. Pregunta 2 Usabilidad

La pregunta ¿Los comandos son claros en su función? Aparecida en la Figura 7a muestra los que los resultados de mayor obtención son De acuerdo con 48% y Totalmente de acuerdo con 45%, mientras que la Figura 7b muestra los resultados de la pregunta ¿Es claro lo que se tiene que hacer para pasar los niveles? Donde los de mayor relevancia son De acuerdo con 60% y Totalmente de acuerdo con 37%

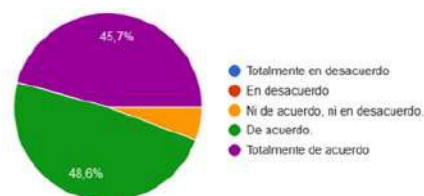


Figura 7a. Pregunta 3 Usabilidad

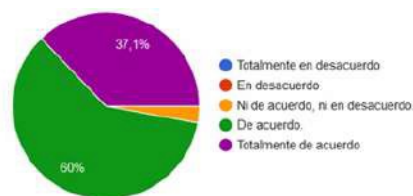


Figura 7b. Pregunta 4 Usabilidad

Los resultados de la pregunta ¿El nivel de introducción deja en claro cómo se maneja el juego? Obteniendo como mayores resultados De acuerdo con 62% y Totalmente de acuerdo con 34%, estos se muestran en la Figura 8a. La Figura 8b muestra los resultados de mayor relevancia con un 48% en Totalmente de acuerdo y un 42% en De acuerdo hacia la pregunta ¿El juego es divertido?

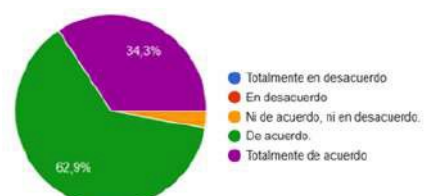


Figura 8a. Pregunta 5 Usabilidad



Figura 8b. Pregunta 6 Usabilidad

Por último, la Figura 9 muestra los resultados de la pregunta ¿El juego es muy complicado?, donde la mayor parte de los resultados fueron Ni de acuerdo, ni en desacuerdo con 40%, En desacuerdo con 28% y Totalmente en desacuerdo con 17%

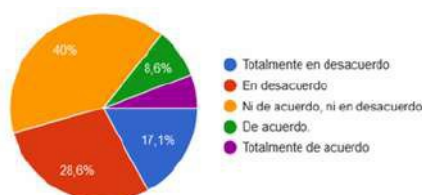


Figura 9. Pregunta 7 Usabilidad

4.2 Resultados de Utilidad

En la Figura 10a se muestra la gráfica con los resultados de la pregunta de utilidad

¿Considera que el juego le sirvió para aprender programación básica? Donde los de mayor incidencia son De acuerdo con 62% y Totalmente de acuerdo con 28%. Los resultados de la pregunta ¿Después de haber usado este juego serio ha adquirido interés en el tema de programación? Fueron 51% De acuerdo y 37% Totalmente de acuerdo como de mayor relevancia y se muestran en la Figura 10b.

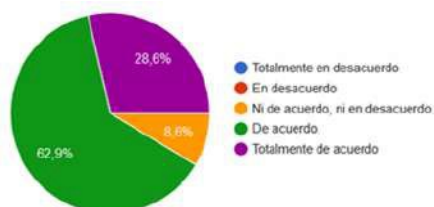


Figura 10a. Pregunta 1 Utilidad



Figura 10b. Pregunta 2 Utilidad

Para la pregunta ¿Después de haber usado este juego ha adquirido un mejor entendimiento sobre la programación? Donde los resultados se muestran en la Figura 11a, con mayor impacto fueron 51% De acuerdo y 31% Totalmente de acuerdo, mientras la Figura 11b muestra los resultados de la pregunta ¿Considera que el uso de juegos serios puede ser beneficioso para los alumnos en un aula de clase? Donde el impacto estuvo cerca en resultados obteniendo 37% Totalmente de acuerdo, 34% De acuerdo y 28% Ni de acuerdo, ni en desacuerdo.

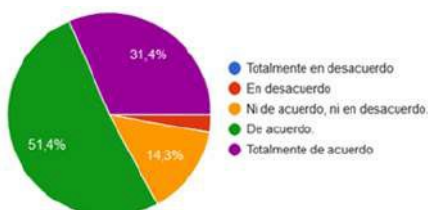


Figura 11a. Pregunta 3 Utilidad



Figura 11b. Pregunta 4 Utilidad

Por último, los resultados de la pregunta ¿Considera que el uso de juegos serios puede ser beneficioso para el auto aprendizaje? Fueron 42% De acuerdo, 31% Totalmente de acuerdo y 25% Ni de acuerdo, ni en desacuerdo, los cuales se muestran en la Figura 12.

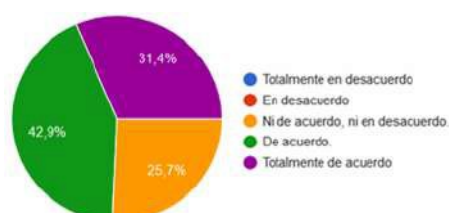


Figura 12. Pregunta 5 Utilidad

4.3 Discusiones

Los resultados de las pruebas de usabilidad del software fueron en su mayoría positivos. La estética del juego fue bien recibida por la mayoría de los usuarios. Aunque no se registraron muchos problemas con la comprensión de las funciones de los elementos, algunos estudiantes encontraron que el uso de colores dificultaba la comprensión de la interfaz, sugiriendo que una paleta de colores más variada podría ayudar a diferenciar mejor los elementos en pantalla.

El tutorial fue eficaz en explicar las mecánicas del juego, pero algunos usuarios encontraron las mecánicas complicadas. Esto podría deberse a que el juego es muy estricto en la forma en que reconoce los comandos introducidos por el jugador.

En cuanto a la utilidad, los resultados fueron positivos, con los jóvenes indicando una buena comprensión de la programación y creyendo que los juegos serios pueden ser efectivos para la educación. Investigaciones futuras deberían considerar simplificar las mecánicas del juego para evitar confundir a los estudiantes y priorizar el desarrollo de un tutorial, dado que este sistema es crucial para enseñar a los usuarios a utilizar el software.

5 Conclusiones y Trabajo Futuro

A medida que la tecnología avanza, aumenta la demanda de conocimientos en programación, tanto en el ámbito laboral como en proyectos personales. Para facilitar el aprendizaje de los jóvenes, se ha desarrollado un prototipo de juego serio para introducir conceptos de programación mediante líneas de código. El juego incluye escenarios que utilizan estructuras básicas de control y un tutorial para enseñar las mecánicas. Se creó un área para que los jugadores introduzcan comandos, con un sistema que marca en verde las instrucciones reconocidas y en rojo las no reconocidas, permitiendo visualizar el orden de ejecución. Integrar las enseñanzas en las mecánicas del juego mejora los resultados educativos y mantiene el interés al hacerlo divertido. Las evaluaciones del prototipo fueron positivas, destacando la estética, la música y la claridad del juego, además de que los estudiantes reportaron una mejor comprensión de la programación y consideraron beneficiosos los juegos serios para el aprendizaje en el aula y de forma autónoma.

Referencias

- [1] E. Ferrari, "Teaching the principles of computer science early in K–12 schools," EdTech Magazine (Junio, 2022). [En línea]. Disponible en: <https://edtechmagazine.com/k12/article/20>. [Último acceso: febrero 17, 2024].
- [2] School of Computer Science, Carnegie Mellon University, "Meeting the demand," Carnegie Mellon University (n.d). [En línea]. Available: <https://www.cs.cmu.edu/link/meeting-demand>. [Último acceso: Febrero 20, 2024].
- [3] Zehui Zhan, Luyao He, Yao Tong, Xinya Liang, Shihao Guo, Xixin Lan, The effectiveness of gamification in programming education: Evidence from a meta-analysis, Computers and Education: Artificial Intelligence, Volume 3, 2022, ISSN 2666-920X, Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100096>.
- [4] CodeCombat, "CodeCombat," CodeCombat (n. d.). [En Línea]. Disponible en: <https://codecombat.com/>. [Último acceso: Marzo 13, 2024].
- [5] Serrano Herrera R.A., Joaquín Salas C., Gutiérrez Marcos R., «Tok-Program: software basado en interacción tangible para la enseñanza de programación,» en Futuro Digital: Avances y paradigmas tecnológicos, Editorial AlfaOmega, ISBN: 978-607-538-708-6, ANIEI, México 2020, pp. 237-242.
- [6] CodeHS, "Introduction to Computer Science," CodeHS (n. d.). [En Línea]. Disponible en: <https://codehs.com/course/719/overview>. [Último acceso: Marzo 10, 2024].
- [7] MIT Media Lab, "Scratch," MIT Media Lab (n. d.). [En línea]. Disponible en: <https://scratch.mit.edu/>. [Último acceso: Marzo 10, 2024].
- [8] D. Hara, "CSS Grid Garden," CSS Grid Garden (n. d.). [En línea]. Disponible en: <https://cssgridgarden.com/>. [Último acceso: Marzo 10, 2024].
- [9] Ecured, "Modelo de prototipos," Ecured (n. d.). [En línea]. Disponible en: https://www.ecured.cu/Modelo_de_prototipos. [Último acceso: Marzo 14, 2024].

Diagnóstico y Análisis para la Transformación Digital en Servicios de Housekeeping: Un Estudio Preparatorio

Diagnosis and Analysis for Digital Transformation in Housekeeping Services: A Preparatory Study

Armando Román Gallardo¹, Luis Ulysses Pérez Ríos², Sara Sandoval Carrillo³, José Román Herrera Morales⁴, Sergio Felipe López Jiménez⁵

¹ Universidad de Colima, Facultad de Telemática, Campus Central, Av. Universidad #333, Colonia las Víboras, Colima, Col., 28040. México
aroman@ucol.mx

² Cortex DX - Digital Transformation, Paseo Barlovento 424, Plaza Moctezuma Local 6, San José del Cabo, B.C.S. 23407, México
ulysses.perez@cortexdx.com

³ Universidad de Colima, Facultad de Telemática, Campus Central, Av. Universidad #333, Colonia las Víboras, Colima, Col., 28040. México
sary@ucol.mx

⁴ Universidad de Colima, Facultad de Telemática, Campus Central, Av. Universidad #333, Colonia las Víboras, Colima, Col., 28040. México
rherrera@ucol.mx

⁵ Universidad de Colima, Facultad de Contabilidad y Administración, Campus Central, Av. Universidad #333, Colonia las Víboras, Colima, Col., 28040. México
sflopezj@ucol.mx

Fecha de recepción: 20 de septiembre de 2024

Fecha de aceptación: 28 de marzo de 2025

Resumen. Este artículo presenta un análisis preliminar para una propuesta de transformación digital aplicable en la gestión de actividades en la industria de la hospitalidad (housekeeping) para una empresa líder en alquileres vacacionales de lujo. Utilizando un enfoque metodológico mixto, que incluyó entrevistas, observación participante, encuestas y análisis de documentos internos, se identificaron desafíos clave como tiempos de respuesta prolongados, inconsistencias en la calidad del servicio y falta de recursos adecuados que están afectando la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente. Estos hallazgos fundamentan el diseño e implementación de un Sistema de Gestión de Housekeeping (HMS) que mejorará la eficiencia operativa, la comunicación interna, reducirá costos mediante la automatización de tareas, centralización de la gestión de datos para proporcionar una experiencia superior para empleados y huéspedes.

Palabras clave: Transformación Digital, Housekeeping, Hospitalidad, diagnóstico, calidad de servicio, Eficiencia Operativa.

Summary. This article presents a preliminary analysis for a digital transformation proposal focused on optimizing housekeeping operations within a leading luxury vacation rental company. Employing a mixed-method approach that included interviews, participant observation, surveys, and internal document analysis, key challenges were identified, such as prolonged response times, inconsistencies in service quality, and inadequate resource allocation, all of which are negatively impacting operational efficiency and customer satisfaction. These findings provide the basis for the design and implementation of a Housekeeping Management System (HMS) aimed at improving operational efficiency, enhancing internal communication, reducing costs through task automation, and centralizing data management to deliver a superior experience for both employees and guests.

Keywords: Digital Transformation, Housekeeping, Hospitality, Service Quality, Operational Efficiency.

1 Introducción

En la actualidad, la industria de la hospitalidad enfrenta un entorno dinámico impulsado por avances tecnológicos, nuevas expectativas de los consumidores y creciente competencia. En este contexto, la gestión eficiente del 'housekeeping' es crucial para la experiencia del cliente y la eficiencia operativa, especialmente en el segmento de alquileres vacacionales de lujo. Para el desarrollo de este estudio nos enfocamos particularmente en una empresa líder del sector de la hospitalidad de lujo, pero debido a compromisos de privacidad y confidencialidad no es posible revelar el nombre real de la empresa, por lo que la denominaremos "*Royal Better Residences*". Esta empresa forma parte de un selecto grupo que son reconocidas por su excelencia en el servicio de hospedaje de alto nivel, pero que al igual que muchas corporaciones enfrentan desafíos significativos en la

gestión de sus propiedades, incluyendo altos costos operativos, la necesidad de mantener estándares consistentes y la competencia de plataformas emergentes como Airbnb.

Estos retos demandan una solución innovadora basada en la transformación digital y para ello se ha trabajado en una propuesta de Transformación Digital (TD) de la cual se presenta en este trabajo la parte inicial de este proceso que consiste en un estudio preparatorio donde se han recabado datos que permiten analizar las condiciones existentes, obtener la percepción de la calidad del servicio del cliente y clarificar las oportunidades y áreas de mejora. El resultado de este análisis permitirá el diseño y planeación adecuados la implementación del Sistema de Gestión de Housekeeping (HMS) que integraría tecnologías avanzadas y procesos optimizados.

En la siguiente sección se explorará el estado del arte de la Transformación Digital, desglosando sus conceptos clave y su impacto específico en la industria del Housekeeping, con un enfoque particular en los cinco dominios críticos de la transformación digital en las organizaciones: estrategia, cultura, operaciones, tecnología y experiencia del cliente, para comprender cómo la solución propuesta se alinea con las mejores prácticas y tendencias emergentes en la digitalización del sector hotelero y de alquileres vacacionales de lujo.

2 Estado del arte

La Transformación Digital (TD) se refiere al proceso de usar tecnologías digitales para crear nuevos procesos de negocio, cultura y experiencias de cliente, o modificar los existentes, para satisfacer los cambiantes requisitos del negocio y del mercado. Un marco de referencia útil para entender la TD es el de los Cinco Dominios propuesto por Rogers [1], que incluye Clientes, Competencia, Datos, Innovación y Valor. Este marco ayuda a las organizaciones a comprender las áreas clave en las que deben centrarse para transformar con éxito sus negocios en el siglo XXI.

En el contexto de la industria de la hospitalidad, la TD ha cobrado especial relevancia en los últimos años, particularmente en la gestión de actividades de housekeeping [2], donde la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente son críticas y se está redefiniendo cómo se gestionan las operaciones y se crea valor para los clientes. A continuación, hacemos una breve descripción de los cinco dominios de la TD:

2.1 Clientes: Impacto en la Satisfacción del Cliente

La calidad de la limpieza y la rapidez en la respuesta a las solicitudes de los huéspedes son factores clave para la satisfacción del cliente, alineándose con el dominio de Clientes en la TD [3] afirma que la implementación de tecnologías digitales en la gestión de housekeeping puede aumentar la consistencia en la calidad del servicio y reducir los tiempos de espera, lo que se traduce en una mejor experiencia para los huéspedes.

2.2 Competencia: Desafíos y Oportunidades en el Mercado

Royal Better Residences identifica varios desafíos en la gestión de propiedades de lujo, incluyendo altos costos operativos y la necesidad de mantener estándares consistentes. La transformación digital presenta una oportunidad para abordar estos desafíos mediante la automatización y la mejora de la comunicación interna, lo que a su vez puede reducir costos y mejorar la eficiencia operativa.

2.3 Datos: Sistemas de Gestión Integrados

El uso de sistemas de gestión integrados permite una centralización de datos, fundamental en el dominio de Datos de la TD [1] destaca que la digitalización de la gestión de housekeeping no solo centraliza la información, sino que también permite una respuesta más rápida a las necesidades de los huéspedes, mejorando así la satisfacción del cliente. Estos sistemas facilitan la toma de decisiones basadas en datos y promueven la transparencia en las operaciones diarias.

2.4 Innovación: Automatización y Eficiencia Operativa

La automatización de procesos en el housekeeping ha demostrado ser efectiva para mejorar la eficiencia y reducir costos. León Carrasco [4] afirma que la implementación de sistemas automatizados para la asignación de

tareas y el seguimiento del inventario puede minimizar errores y optimizar el uso de recursos. Esto es crucial en propiedades de lujo, donde la calidad del servicio debe mantenerse alta.

2.5 Valor: Estudios de Caso y Evidencia Empírica

El impacto positivo de la digitalización en la gestión de housekeeping está respaldado por estudios de caso y evidencia empírica. Cruz Becerra y Febres Erazo [5] analizan cómo plataformas de alojamiento temporales, como Airbnb, han democratizado el acceso a tecnologías avanzadas, beneficiando tanto a los huéspedes como a los anfitriones. La adopción de estas tecnologías en el sector de la hospitalidad tradicional puede ofrecer ventajas competitivas significativas. Abdel-Hamid, et al., [6] identifican que la TD en hoteles egipcios mejora significativamente la satisfacción del cliente, dado que las TI aplicadas en todas las etapas del ciclo del huésped tienen un impacto positivo, optimizando la experiencia y adaptándose a las preferencias de los clientes, especialmente según su nacionalidad. Otros autores como Manoharan, Ashtikar, y Kumar

[7] identifican que con la TD se mejora la experiencia de los huéspedes, la eficiencia operativa y sostenibilidad, aplicando diversas tecnologías como el check-in móvil, el acceso key-less y servicios basados en IA para facilitar la estancia y aumentar la lealtad de sus clientes. En el estudio de Anwar, Deliana, y Suyamto [2] son más precisos en mencionar mejoras en la eficiencia operacional de un 30% empleando sistemas de gestión (HMS) basados en la nube, reducción de la carga de trabajo del personal de hasta un 70% empleando IA y chatbots e incrementos en la satisfacción del huésped de hasta un 15%.

Con esta evidencia, se puede afirmar que la TD es una tendencia y ofrece mejoras y beneficios importantes en la industria del housekeeping alineados con los cinco dominios de la TD: mejora la experiencia del cliente, crea ventajas competitivas, optimiza el uso de datos, fomenta la innovación en procesos, y genera nuevo valor para la organización. La implementación de sistemas automatizados y la centralización de datos son estrategias clave para enfrentar los desafíos actuales y aprovechar las oportunidades en el sector de la hospitalidad, transformando fundamentalmente cómo se opera y se crea valor en este sector.

3 Metodología usada

El enfoque metodológico utilizado en este trabajo es de tipo cualitativo y cuantitativo, diseñado para proporcionar una comprensión de las necesidades y desafíos en la gestión de las actividades de housekeeping en la industria de la hospitalidad, específicamente en los alquileres vacacionales de lujo administrados por *Royal Better Residences*.

3.1 Diseño del estudio

El diseño de la investigación se basó en primera instancia en un diagnóstico en el que combinaron técnicas de análisis de datos cualitativos y cuantitativos. Esta combinación permitió obtener una visión integral del problema, aprovechando la profundidad del análisis cualitativo y la precisión del análisis cuantitativo. Se utilizaron las siguientes técnicas:

1. **Entrevistas en Profundidad:** Se llevaron a cabo entrevistas con empleados clave de *Royal Better Residences*, incluyendo gerentes de propiedades, personal de housekeeping y directivos. Estas entrevistas se centraron en identificar los desafíos actuales, las prácticas de gestión y las oportunidades de mejora en los procesos de housekeeping [4].
2. **Observación Participante:** Los investigadores realizaron observaciones directas en los sitios de *Royal Better Residences* para entender las operaciones diarias de housekeeping. Esta técnica permitió captar información detallada sobre los procesos, la interacción del personal y las áreas que requieren optimización [5].
3. **Encuestas:** Se diseñaron y distribuyeron encuestas tanto a empleados como a huéspedes de *Royal Better Residences*. Las encuestas para empleados se centraron en la identificación de brechas en los procesos y en la eficiencia operativa, mientras que las encuestas para huéspedes se enfocaron en la satisfacción con los servicios de limpieza y la experiencia general [3].
4. **Análisis de Documentos:** Se revisaron y analizaron documentos internos de la empresa, como informes de operaciones, registros de mantenimiento y datos históricos de satisfacción del cliente. Esto ayudó a establecer un contexto histórico y a identificar patrones en los datos.

5. **Análisis de Datos Cuantitativos:** Se utilizó el software estadístico para analizar los datos cuantitativos recolectados a través de encuestas y documentos internos. Este análisis incluyó la aplicación de técnicas de estadística descriptiva e inferencial para identificar tendencias y relaciones significativas [1].

3.2 Procedimiento

1. **Recolección de Datos:** La recolección de datos se realizó en varias fases, comenzando con la obtención de permisos y la coordinación con *Royal Better Residences*. Posteriormente, se llevaron a cabo las entrevistas y observaciones en sitio, seguidas de la distribución de encuestas y la recopilación de documentos relevantes [4].
2. **Análisis de Datos:** Los datos cualitativos fueron analizados mediante codificación temática, identificando patrones y categorías recurrentes. Los datos cuantitativos se analizaron utilizando técnicas estadísticas para validar los hallazgos cualitativos y proporcionar una base objetiva para las conclusiones [5].
3. **Interpretación de Resultados:** Los resultados fueron interpretados en función de los objetivos del estudio, considerando tanto la perspectiva de los empleados como la de los huéspedes. Se identificaron áreas clave para la implementación de mejoras en la gestión de housekeeping y se propusieron soluciones basadas en la transformación digital [4].

3.3 Justificación del Método

El método de investigación elegido es apropiado para este estudio porque combina la riqueza de los datos cualitativos con la precisión de los datos cuantitativos, permitiendo una comprensión holística de los desafíos y oportunidades en la gestión de housekeeping. La utilización de múltiples técnicas de recolección y análisis de datos asegura una triangulación robusta, aumentando la validez y confiabilidad de los resultados [1].

4 Resultados del diagnóstico

Los resultados de esta investigación proporcionaron una visión de los desafíos actuales y las oportunidades para mejorar la gestión de las actividades de housekeeping en la empresa *Royal Better Residences*, donde se identificaron áreas clave para la intervención y se propusieron soluciones específicas basadas en la transformación digital.

4.1 Encuestas a Empleados y Huéspedes

Las encuestas revelaron varias áreas de mejora tanto desde la perspectiva de los empleados como de los huéspedes. A continuación, se presentan los resultados clave organizados en tablas y gráficos.

Tabla 1. Resultados de la Encuesta a Empleados.

Ítem Evaluado	Muy Insatisfecho	Insatisfecho	Neutral	Satisfecho	Muy Satisfecho
Eficiencia del sistema de gestión	10%	20%	25%	30%	15%
Facilidad de uso del software actual	15%	25%	30%	20%	10%
Disponibilidad de recursos	5%	10%	35%	40%	10%
Comunicación interna	10%	15%	20%	35%	20%
Formación y capacitación	10%	20%	25%	30%	15%

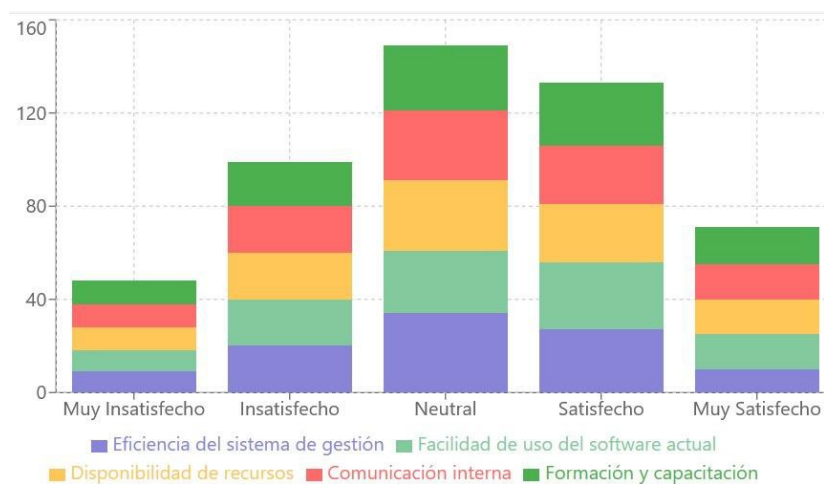


Figura 1. Nivel de Satisfacción de los Empleados con el Sistema de Gestión.

En la Figura 1 se muestra el nivel de satisfacción de los empleados con el sistema de gestión en diferentes categorías. Cada línea representa una categoría distinta, y el eje X muestra los diferentes niveles de satisfacción, mientras que el eje Y muestra el valor del conteo correspondiente al porcentaje obtenido para cada nivel.

Tabla 2. Resultados de la Encuesta a Huéspedes

Ítem Evaluado	Muy Insatisfecho	Insatisfecho	Neutral	Satisfecho	Muy Satisfecho
Limpieza de las habitaciones	5%	10%	20%	40%	25%
Calidad de los servicios de housekeeping	10%	15%	25%	35%	15%
Atención y cordialidad del personal	3%	7%	15%	45%	30%
Rapidez en la respuesta a solicitudes	8%	12%	30%	35%	15%
Satisfacción general con la estancia	5%	10%	25%	40%	20%

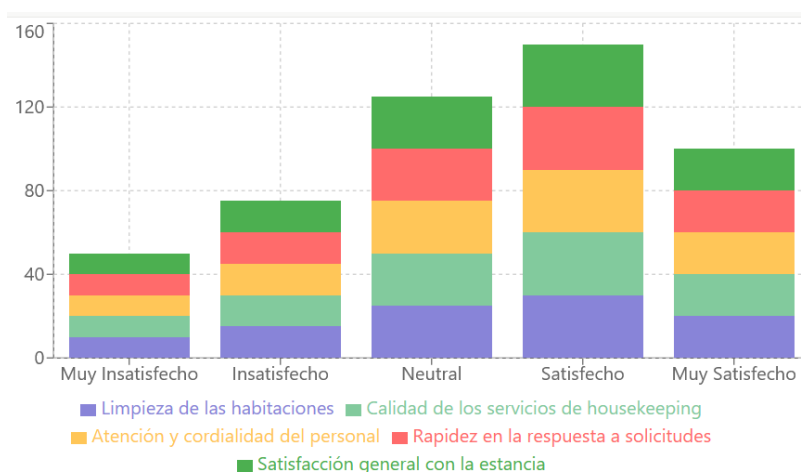


Fig. 2. Nivel de Satisfacción de los Huéspedes con los Servicios de Housekeeping.

En la Figura 2 se muestra el nivel de satisfacción de los huéspedes con los servicios de housekeeping. Cada línea representa un aspecto diferente y su porcentaje de satisfacción en cada nivel.

4.2 Observación Participante

Durante las observaciones, se identificaron varias áreas críticas para la mejora:

- 1. **Tiempos de Respuesta Largos:** Se observó que el tiempo de respuesta a las solicitudes de los huéspedes era mayor de lo esperado, principalmente debido a la falta de coordinación y la ineficiencia en la comunicación interna.
- 2. **Inconsistencias en la Calidad de la Limpieza:** Se notaron inconsistencias en la calidad de la limpieza entre diferentes propiedades, lo que puede atribuirse a la falta de estandarización en los procedimientos y la capacitación insuficiente del personal [3].
- 3. **Falta de Recursos Adecuados:** En varios casos, el personal de housekeeping no tenía acceso a los recursos necesarios en el momento adecuado, lo que provocaba demoras y una eficiencia reducida [5].

4.3 Análisis de Documentos

El análisis de documentos internos reveló patrones en la asignación de tareas y el uso de recursos que corroboran los hallazgos de las encuestas y las observaciones. Se identificaron áreas donde la automatización y la digitalización podrían reducir significativamente los tiempos de espera y mejorar la eficiencia operativa [1].

Tabla 3. Análisis de Tiempos de Respuesta y Uso de Recursos

Tipo de Solicitud	Tiempo Medio de Respuesta	Porcentaje de Recursos Adecuados Disponibles
Solicitud de Limpieza	45 minutos	75%
Solicitud de Mantenimiento	60 minutos	70%
Solicitud de Amenidades	30 minutos	85%
Reabastecimiento de Insumos	20 minutos	65%

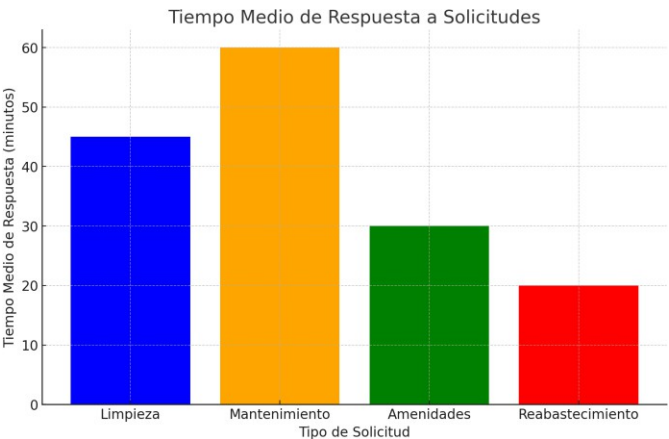


Figura 3. Tiempo Medio de Respuesta a Solicitudes.

En la Figura 3 se muestra el tiempo medio de respuesta a diferentes tipos de solicitudes. Los resultados indican que existen varias áreas críticas que necesitan atención para mejorar la gestión de las actividades de housekeeping en *Royal Better Residences*. Las principales recomendaciones incluyen la implementación de un sistema digital integrado para la gestión de tareas, la mejora en la capacitación del personal y la

estandarización de los procedimientos de limpieza. Estas acciones no solo mejorarán la eficiencia operativa, sino que también elevarán la satisfacción tanto de los empleados como de los huéspedes [2][4].

Con base en estos resultados se tienen las bases para formular una propuesta de transformación digital para *Royal Better Residences* donde el componente principal es implementar un Sistema de Gestión de Housekeeping (HMS). Este sistema facilitará la asignación de tareas, la gestión de datos y mejora la comunicación interna, abordando problemas críticos como largos tiempos de respuesta, inconsistencias en la calidad de la limpieza y falta de recursos adecuados. Al integrar tecnologías avanzadas y procesos optimizados, el HMS permitirá reducir costos operativos y elevar la satisfacción del cliente y del personal, mejorando significativamente la eficiencia operativa y la experiencia del huésped.

5 Conclusiones y trabajos futuros de investigación

En este trabajo se ha presentado un estudio preparatorio que proporciona una visión integral de la situación actual de la empresa *Royal Better Residences*, sentando las bases para implementar un proyecto de mejora basado en la Transformación Digital de sus actividades de housekeeping. A través de un enfoque metodológico mixto, que incluyó entrevistas en profundidad, observación participante, encuestas y análisis de documentos internos, se han identificado desafíos críticos que afectan la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente.

Los hallazgos revelaron la necesidad urgente de un sistema de gestión más eficiente y estandarizado, capaz de abordar problemas como los largos tiempos de respuesta, las inconsistencias en la calidad de la limpieza y la falta de recursos adecuados. Este diagnóstico inicial no solo ha identificado áreas de mejora, sino que también ha revelado oportunidades para optimizar procesos, mejorar la comunicación interna y elevar los estándares de servicio y con ello se sugiere la implementación de un Sistema de Gestión de Housekeeping (HMS) que brinde el potencial de transformar significativamente las operaciones de *Royal Better Residences*.

Los siguientes pasos serán el desarrollo e implementación del Sistema de Gestión de Housekeeping (HMS) propuesto. Esto incluirá la definición detallada de requisitos técnicos y funcionales, el diseño de la arquitectura del sistema y el desarrollo de un prototipo para pruebas iniciales. También un plan de implementación por fases, comenzando con un piloto en la empresa *Royal Better Residences* y una evaluación después de meses de uso, para comparar los resultados con los datos de referencia obtenidos en este estudio preparatorio mismos que permitirían realizar ajustes al sistema antes de su implementación final. Después de un año de uso, se deberá realizar un nuevo estudio para medir el impacto que tendría el HMS en la transformación digital de las operaciones de esta industria de la hospitalidad.

Referencias

- [1] Rogers, D. L. (2016), *The Digital Transformation Playbook: Rethink Your Business for the Digital Age*. Columbia University Press. e-ISBN: 9780231541657.
- [2] Anwar, F. A., Deliana, D., & Suyanto, S. (2024). Digital Transformation in the Hospitality Industry: Improving Efficiency and Guest Experience. *International Journal of Management Science and Information Technology*, 4(2), 428-437. DOI: <https://doi.org/10.35870/ijmsit.v4i2.3201>.
- [3] Van der Wagen, L., y Goonetilleke, A. (2015). *Hospitality management, strategy and operations*. Pearson Higher Education AU. 3a Ed. ISBN: 9781442534797.
- [4] León Carrasco, L. G. (2020). Capacitación y control del personal en el área de housekeeping para una gestión de calidad del Miraflores Park Hotel. URI: <https://repositorio.uigv.edu.pe/item/1ee4f517-e0e0-48d4-8753-93f186214917>
- [5] Cruz Becerra, J. I., y Febres Erazo, J. S. (2020). Incursión de Airbnb y los cambios generados en los servicios de la industria de alojamiento. URI: <http://hdl.handle.net/10757/654042>
- [6] Abdel-Hamid, T.A., Ahmed, M.A.E.A.S, Zohry, M.A.F., Elshabrawy, G.A., y Elgohary, E.M. (2022). The role of digital transformation in improving customer satisfaction: An empirical study on Egyptian hotels.

The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries, 88(6), e12234. DOI: <https://doi.org/10.1002/isd2.12234>

- [7] Manoharan, G., Ashtikar, S. P., & Kumar, S. (2024). Extenuating Digital Transformation: Revolutionizing Hotel Operations Through AI Technology. In *Hotel and Travel Management in the AI Era* (pp. 257-274). IGI Global. DOI: 10.4018/979-8-3693-7898-4.ch012

Uso de la inteligencia artificial como ayuda en la calidad de vida Using artificial intelligence to improve quality of life

Víctor Manuel Zamudio García¹

¹ Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo,
Ex Hacienda San Javier, Tolcayuca 1009, 43860 Tolcayuca, Hgo.
vzamudio@upmh.edu.mx

Fecha de recepción: 20 de septiembre de 2024

Fecha de aceptación: 28 de marzo de 2025

Resumen. La calidad de vida se refiere al bienestar general de las personas y a la satisfacción con diversos aspectos de sus vidas. A través de un pre-test se evaluó la calidad de vida del infante, los resultados obtenidos de un paciente, estuvieron por debajo del 50%, en una escala de 0-100%. Se probaron tres algoritmos de IA, los cuales fueron Máquinas de Vectores de Soporte (SVM), K- Vecinos más cercanos (K-NN) y Bosques Aleatorios (RF), en un conjunto de datos de señales electromiográficas (EMG) obtenidas de los músculos del paciente mediante el sensor MyoWare, el cual consta de 8,000 datos con las variables Time, Class, Channel y Filter. Se obtuvo un performance de los algoritmos para evaluar el rendimiento y desempeño de cada modelo, el cual arrojó un accuracy del 59% para el SVM, 89.9% K-NN y 81% RF, en la clasificación de intención de movimientos. El algoritmo se implementó al dispositivo protésico, para posteriormente realizar un pos-test al paciente, arrojando hasta un 21.95% de aumento en la calidad de vida en comparación con el pre-test.

El trabajo tiene como objetivo determinar el impacto de implementar tres algoritmos supervisados de inteligencia artificial (IA) para predecir la intención de movimiento de un paciente de ocho años con agenesia de mano izquierda, a través del uso de un dispositivo protésico impreso en 3D y un sensor muscular el cual permitirá recopilar señales electromiográficas (EMG) para la generación de un dataset que se cargará a los tres algoritmos propuestos de IA.

Palabras clave: Calidad de vida, Inteligencia Artificial, Prótesis.

Summary. Quality of life refers to a person's general well-being and satisfaction with various aspects of their lives. A pre-test evaluated an infant's quality of life. The results obtained from one patient were below 50% on a 0-100% scale. Three AI algorithms were tested: Support Vector Machines (SVM), K-Nearest Neighbors (K-NN), and Random Forests (RF). Three AI algorithms were tested on a dataset of electromyographic (EMG) signals obtained from the patient's muscles using the MyoWare sensor, consisting of 8,000 data points with the variables Time, Class, Channel, and Filter. The performance of the algorithms was evaluated to evaluate the performance of each model, yielding an accuracy of 59% for the SVM, 89.9% for the K-NN, and 81% for RF in classifying movement intentions. The algorithm was implemented in the prosthetic device, followed by a post-test on the patient, yielding up to a 21.95% increase in quality of life compared to the pre-test.

The work aims to determine the impact of implementing three supervised artificial intelligence (AI) algorithms to predict the movement intention of an eight-year-old patient with left-hand agenesis, through the use of a 3D-printed prosthetic device and a muscle sensor that will allow the collection of electromyographic (EMG) signals for the generation of a dataset that will be loaded into the three proposed AI algorithms.

Key words: Quality of life, Artificial Intelligence, Prosthetics.

1 Introducción

Las manos son una parte fundamental que el ser humano utiliza con mayor frecuencia ya que permiten sostener objetos, crear herramientas o conseguir alimentos, por lo tanto, es de vital importancia, atender aquellas personas que no tienen estas extremidades ya sea por problemas genéticos o accidentes.

En Hidalgo cerca del 33% de la población padece esta discapacidad que les impide usar o mover sus manos según datos del Instituto Nacional de Información y Estadística (INEGI, 2020).

En la actualidad la inteligencia artificial es una disciplina de gran importancia ya que ha permitido generar modelos que atiendan las necesidades en diversas áreas. Desafortunadamente en México el panorama en materia de IA tiene escaso desarrollo, pocas son las instituciones que conocen o dominan temas de IA, lo cual representa un verdadero reto para quienes son pioneros en aplicar este tipo de tecnologías (Mypress, 2021). Por otra parte, la impresión 3D es una tecnología de fabricación por adición que ha ido evolucionado de manera exponencial en los últimos años, gracias al RepRap el cual es un proyecto de código abierto dirigido a crear modelos de impresoras

3D que puedan replicarse a sí mismas, esto ha beneficiado bastante ya que se ha vuelto más accesible para el público que se dedique a utilizar estas impresoras (Jorquera Ortega, 2018).

El proyecto de investigación está centrado poder mejorar la calidad de vida de un infante a través del uso de tres propuestas de algoritmos de Inteligencia Artificial (IA) que estarán evaluando la precisión de la intención de movimiento de un paciente de ocho años con agenesia de miembro superior izquierdo, el dataset que se realizó para este trabajo consta de las variables Time, Class, Channel y Filter, las cuales fueron conseguidas con el sensor muscular MyoWare™ (AT-04-001) el cual permite detectar la actividad eléctrica generada por los músculos del cuerpo humano, estas fueron cargadas al entorno de Python a través del conjunto de datos obtenido y posteriormente al IDE Arduino en conjunto con la tarjeta Arduino Nano 33 Ble Sense, para el control de una prótesis impresa en 3D, lo anterior con la finalidad de evaluar la mejora en la calidad de vida del infante mediante la implementación de estas tecnologías.

2 Estado del arte

En general el desarrollo de prótesis 3D con inteligencia artificial surge de la combinación de los avances en impresión 3D con la capacidad de recopilar, analizar y procesar datos utilizando algoritmos de inteligencia artificial. Esto ha llevado a proponer la construcción y diseño de un prototipo de prótesis inteligente y adaptativa según las necesidades del usuario, misma que coadyuven a la reintegración de su entorno social ya que el no hacer uso de tecnología podría tener un impacto significativo en la calidad de vida de una persona, limitando su capacidad para llevar a cabo sus actividades diarias de manera independiente, así como la forma en la que se integra a la sociedad.

Los algoritmos supervisados no siguen la lógica de programación tradicional (algorítmica) de manera directa. A diferencia de la programación convencional, donde se especifican estructuras y procesos paso a paso, los algoritmos supervisados aprenden patrones y relaciones a partir de datos etiquetados de entrada y salida. (Iglesias, 2022). En lugar de programar explícitamente los procesos, se proporciona al algoritmo un conjunto de datos etiquetados para que pueda aprender automáticamente a realizar la tarea específica.

Por ejemplo, en la clasificación, se le proporciona al algoritmo muestras de datos con etiquetas predefinidas y se espera que el modelo aprenda a clasificar nuevos datos por sí mismo; teniendo en cuenta que la salida puede tener un margen de error a diferencia de la programación algorítmica tradicional donde los resultados tienden a ser exactos dada la formulación del código. Este enfoque es parte del aprendizaje automático y permite abordar problemas complejos y no lineales sin la necesidad de especificar procesos detallados manualmente. Los algoritmos supervisados son efectivos para tareas como clasificación y regresión, donde se busca predecir una etiqueta o un valor numérico a partir de datos de entrada. IBM (2023).

Este enfoque es parte del aprendizaje automático y permite abordar problemas complejos y no lineales sin la necesidad de especificar procesos detallados manualmente. Los algoritmos supervisados son efectivos para tareas como clasificación y regresión, donde se busca predecir una etiqueta o un valor numérico a partir de datos de entrada. IBM (2023). Por lo anterior, se realizó una investigación sobre el uso de métodos de aprendizaje supervisado que han sido aplicados en la clasificación de la intención del movimiento, mediante el uso de electromiografía para el control de prótesis impresas en 3D, de los cuales se rescataron los siguientes estudios.

Wafa Talha, H, et al (2023) desarrollaron un sistema inteligente para clasificar los movimientos de extensión y flexión de la muñeca mediante electromiografía (EMG). El sistema utilizó una señal EMG colocada en la extremidad superior del sujeto para capturar la actividad muscular asociada con los movimientos observados. El proceso de clasificación comprende dos clases básicas: flexión y extensión. Para evaluar el rendimiento del sistema, se entrenó y probó un modelo de clasificación de K vecinos más cercanos (KNN) en el conjunto de datos de Ninapro, que incluye datos de 27 sujetos. Los resultados demostraron que la implementación de este método de clasificación es eficaz, por lo que ofrece un potencial prometedor para aplicaciones en prótesis, rehabilitación e interfaces hombre-máquina.

3 Metodología utilizada

Los métodos aplicados en el desarrollo de la investigación, los cuales están distribuidos en tres fases principales que son el análisis y procesamiento de datos, la clasificación de la intención del movimiento con la implementación de los algoritmos de Inteligencia Artificial aplicados a un prototipo de prótesis y la evaluación de la mejora en la calidad de vida de un infante con agenesia de mano izquierda.

Tipo de investigación según el objetivo es aplicada, ya que se trata de un tipo de investigación centrada en encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto. Por consiguiente, el tipo de ámbito al que se aplica es muy específico y bien delimitado, ya que no se trata de explicar una amplia variedad de situaciones, sino que más bien se intenta abordar un problema específico.

La naturaleza del problema es probar tres algoritmos de supervisados de IA a un prototipo de prótesis para definir cuál es el que responde de manera óptima a la identificación de los movimientos de la mano generados a de señales musculares de un solo paciente, para evaluar su nivel de calidad de vida.

Según el nivel de profundización en el objeto de estudio, el diseño es explicativo, ya que es uno de los más frecuentes en los que la ciencia se centra. Se utiliza con el fin de intentar determinar las causas y consecuencias de un fenómeno concreto. Se busca no solo el qué sino el porqué de las cosas, y cómo han llegado al estado en cuestión. Para ello pueden usarse diferentes métodos, como la el método observacional, correlacional o experimental. El objetivo es crear modelos explicativos en el que puedan observarse secuencias de causa-efecto, si bien estas no tienen por qué ser lineales (normalmente, son mecanismos de causalidad muy complejos, con muchas variables en juego).

Se llevará a cabo un estudio para comprender si el uso de una prótesis impresa en 3D para un infante de ocho años mejora su calidad de vida en diversos ámbitos del mismo, como la familia, escuela, sociedad o estado de ánimo. Estos datos se recogerán a través del cuestionario KID SCREEN27 y de información que arroje el performance de los tres algoritmos. Con esto, se busca analizar y explicar la relación entre el uso de la IA y la calidad de vida de un infante de ocho años con agenesia de mano izquierda, proporcionando una comprensión más profunda de este fenómeno.

Es una investigación cuasi-experimental, la cual se asemeja a la experimental en el hecho de que se pretende manipular una o varias variables concretas, con la diferencia de que no se posee un control total sobre todas las variables, como por ejemplo aspectos vinculados al tipo de muestra que se presenta al experimento. Esta investigación es cuasi-experimental debido a que únicamente se tiene control sobre una variable independiente, que es el dispositivo protésico, mediante el cual se realizarán una serie de experimentos con la finalidad de observar el cambio en el grupo de control que es el nivel de CVRS del paciente.

Los datos para el aprendizaje automático se realizarán mediante la obtención de señales EMG, las cuales integrarán en un dataset al cual se le emplearán medidas estadísticas como correlaciones y pruebas fl-score para identificar eficacia entre los algoritmos que se van a emplear, así como patrones de comportamiento en las señales EMG para poder realizar predicciones acertadas sobre la intención de movimiento.

Por la parte de la calidad de vida, esta información será recopilada mediante el cuestionario KIDSCREEN-27 y posteriormente tratados en SPSS, el cual arrojará el porcentaje del nivel de CVRS del paciente

Se utilizó un diseño de línea de base múltiple para evaluar la calidad de vida del infante, a través del uso de la prótesis, para ello se llevó a cabo el siguiente procedimiento.

Contextos: Bienestar Físico, Bienestar Psicológico, Autonomía y Relación Parental, Compañeros, Apoyo Social y Entorno escolar.

Fase A (Línea base): Duración: Al inicio de la investigación Intervención: El infante usa su prótesis habitual. Mediciones: Evaluación de la calidad de vida en cada contexto mediante el KIDSCREEN-27.

Fase B (Intervención con IA): Duración: 7 semanas en las dimensiones del contexto. Intervención: El infante utiliza la prótesis controlada por IA. Mediciones: Evaluación de la calidad de vida en cada contexto mediante el KIDSCREEN-27.

Por lo anterior se propuso la siguiente diagramación experimental, la cual busca evaluar el nivel de calidad de vida de un infante que inicialmente utiliza una prótesis sin inteligencia artificial y comparar los resultados de la CVRS después de hacer uso de un prototipo de prótesis controlada con IA.

G1: Fase A (Línea base)
G2: Fase B (Intervención con IA) X:
Prótesis con IA
O1: Calidad de vida O2:
Calidad de Vida

G1	-	O1
G2	X	O2

Figura 1.

4 Resultados experimentales

Análisis de resultados de los cuestionarios de CVRS. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en los diferentes cuestionarios aplicados para la evaluación de la calidad de vida, además también se muestran el análisis del rendimiento de los algoritmos supervisados de IA.

Resultados del Pretest del cuestionario aplicado al paciente al inicio de la investigación se obtuvieron los siguientes resultados en el software de SPSS, los cuales se conjuntaron para una mejor comprensión en la Tabla que se muestra a continuación:

Tabla 1.

Subescala	Puntuación									
	Bienestar Físico.		Bienestar Psicológico.		Autonomía y Relación Parental.		Compañeros y Apoyo Social.		Entorno Escolar	
	Val T	Rash	Val T	Rash	Val T	Rash	Val T	Rash	Val T	Rash
1	30.57	-1.61								
2			29.42	-1.10						
3					34.69	-0.47				
4							29.32	-1.34		
5									32.79	-1.49

Para interpretar los valores T, se consultaron las tablas de datos normativos del Manual para la interpretación de los resultados. Estos datos normativos permiten clasificar la calidad de vida relacionada con la salud del paciente, en general para un niño de 8 años según la normativa se debe tener los siguientes valores para cada dimensión establecida.

Bienestar Físico: La media se fija en 54.47 y la desviación estándar es ± 9.9

Bienestar Psicológico: La media se fija en 53.40 y la desviación estándar es ± 9.79 .

Autonomía y Relación Parental: La media se fija en 51.40 y la desviación estándar es ± 10.16 .

Compañeros y Apoyo Social: La media se fija en 50.78 y la desviación estándar es ± 9.92 .

Entorno Escolar: La media se fija en 52.89 y la desviación estándar es ± 10.42 .

Dado los valores T que son los que sirven de guía para la evaluación, se tiene que para cada dimensión el paciente representa valores bajos respecto a la media que se debe cumplir, específicamente las dimensiones de Bienestar físico (30.57), Compañeros y Apoyo Social (29.32) y Entorno Escolar (32.79) son las que representan los valores más bajos, por lo que se procedió a realizar el diseño del prototipo para comprobar si efectivamente se mejora o no la calidad de vida del paciente con el uso de estas tecnologías.

Resultados del Post-test: Los resultados obtenidos en el segundo cuestionario se muestran en la siguiente Tabla, misma en la que se puede notar que hubo un aumento significativamente mayor al establecido en los indicadores de la investigación principalmente en las dimensiones de Autonomía y Relación Parental (17%), Compañeros y Apoyo Social (43%) y Entorno Escolar (38%). Por otra parte, de manera general se observa un porcentaje de aumento del 21.95% en general de la calidad de vida del paciente después del uso de la prótesis.

Tabla 2.

Subescala	Puntuación									
	Bienestar Físico.		Bienestar Psicológico.		Autonomía y Relación Parental.		Compañeros y Apoyo Social.		Entorno Escolar	
	Val T	Rash	Val T	Rash	Val T	Rash	Val T	Rash	Val T	Rash
1	38.47	-0.46								
2			34.33	-0.43						
3					40.59	0.17				
4							42.09	0.59		
5									45.38	0.54

5 Conclusiones y direcciones para futuras investigaciones

Se aplicó un pretest al paciente, el cual arrojó un porcentaje del 34 % del nivel de la calidad de vida evaluado en los rubros de Bienestar Físico, Bienestar Psicológico, Autonomía y Relación Parental, Compañeros y Apoyo Social, Entorno Escolar.

Dando como resultados más bajos Bienestar físico (30.57), Compañeros y Apoyo Social (29.32) y Entorno Escolar (32.79), lo que dio un primer punto de partida a la factibilidad de la investigación, ver Anexo A y Anexo B.

Se diseñó un dispositivo mecánicamente funcional y ergonómico, logrando obtener un primer prototipo de prótesis para uso de un infante de 8 años de edad.

Se logró implementar tres algoritmos supervisados de IA en Python, los cuales permiten clasificar la intensidad de movimientos de la mano (abrir, cerrar, transición de abierto a cerrado y transición de cerrado a abierto) mediante señales electromiográficas.

Se logró utilizar tecnología TinyML en la unión de algoritmos supervisados de IA aplicados a dispositivos con poder de cómputo limitado, como es el caso de la tarjeta Arduino para el control de un dispositivo protésico.

Con base a las conclusiones anteriores, se dan las siguientes recomendaciones:

1. Evaluar otros test de calidad de vida, e incluso acoplar cuestionarios que no estén relacionados 100% con discapacidad.
2. Realizar diversos diseños de mecanismos para trabajar en la mejora del funcionamiento mecánico del prototipo, incluso es recomendable trabajar con otros materiales y métodos de impresión para mejorar la parte estética e integrar más movimientos de la mano.
3. Probar más algoritmos para evaluar si hay algún otro que responda mejor en relación a los datos que se están tratando.
4. Realizar un diseño modular en la parte electrónica para optimizar tiempo de funcionamiento, reducir espacios de mecanismos y peso del dispositivo.
5. A partir de los estudios realizados, se sugiere obtener un conjunto de datos de diferentes personas, con la finalidad de realizar control más generalizado sobre la prótesis, permitiendo que se pueda adaptar a diversos usuarios.
6. Evaluar otros embebidos que sean compatibles con el entorno de Python y TinyML para la unión de dispositivos con recursos limitados que puedan aprovechar el uso de IA para sistemas en tiempo real ya que es un área con poca información en materia teórico-práctica.

Referencias

- [1] Arduino® (2024). Datasheet del Arduino Nano 33 Ble Sense [Archivo PDF]. Recuperado de <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/ABX00031- datasheet.pdf>
- [2] Arroyave Correa, L. M., & Bedoya Flórez, M. (2019). Estudio de caso del proceso de adaptación psicosocial de personas con amputación de miembro inferior por accidente con mina antipersonal (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Lasallista).
- [3] Ayola, F. G., Bigio, D., & Valderrama, M. (2021, October). Design and fabrication of a myoelectric prosthesis for trans-radial amputees. In 2021 IEEE 2nd International Congress of Biomedical Engineering and Bioengineering (CI-IB&BI) (pp. 1-4). IEEE.
- [4] Bravo Llor, S. D. (2019). Adolescentes ecuatorianos con discapacidad motriz: adaptación al sistema educativo, factores psicosociales, de personalidad y psicopatológicos
- [5] Cabegin, K. R. L., Lim, M. A. V. M., Fernan, D. T., Santos, R. G., & Magwili, G. V. (2019, November). Electromyography-based Control of Prosthetic Arm for Transradial Amputees using Principal Component Analysis and Support Vector Machine Algorithms. In 2019 IEEE 11th international conference on humanoid, nanotechnology, information technology, communication and control, environment, and management (HNICEM) (pp. 1-6). IEEE.
- [6] Calderón Nilo, J. J., & Pincheira Orellana, G. (2018). Diseño e implementación de sistema para detección de señales electromiográficas (Doctoral dissertation, Universidad de Talca (Chile). Escuela de Ingeniería Civil Mecatrónica).
- [7] Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2023). Ley general para la inclusión de personas con discapacidad. México Recuperado de: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGIPD.pdf>
- [8] Cedeño, C., Cordova-Garcia, J., Asanza, V., Ponguillo, R., & Muñoz, L. (2019, August). K NN-based emg recognition for gestures communication with limited hardware resources. In 2019 IEEE SmartWorld, Ubiquitous Intelligence & Computing, Advanced & Trusted Computing, Scalable Computing & Communications, Cloud & Big Data Computing, Internet of People and Smart City Innovation (SmartWorld/SCALCOM/UIC/ATC/CBDCom/IOP/SCI) (pp. 812-817). IEEE.
- [9] Child Public Health. (2011-2023). Impressum | Datenschutz | Sitemap. Kidscreen. <https://www.kidscreen.org>
- [10] Comisión Nacional de los Derechos Humanos (CNDH). (2022). Informe anual 2022. Recuperado de: <https://informe.cndh.org.mx/menu.aspx?id=40068>

Uso de un método de clasificación de Machine Learning para la elaboración de un modelo como apoyo en el Diagnóstico de Enfermedades Cardíacas Using a Machine Learning classification method to develop a model to support the Diagnosis of Heart Disease

Escalante Vega, J. E.¹, Del Toro González, R. A.², Salem Silva, F. S.²

¹ Facultad de Estadística e informática, Universidad Veracruzana

² Facultad de Matemáticas, Universidad Veracruzana

¹ jescalante@uv.mx, ² zs20016138@estudiantes.uv.mx, frsalem@uv.mx

Fecha de recepción: 20 de septiembre de 2024

Fecha de aceptación: 31 de marzo de 2025

Resumen. El exceso de información en medicina, junto con la publicación constante de estudios con resultados contradictorios, ha hecho que el diagnóstico médico, especialmente en enfermedades cardíacas, sea cada vez más complejo. En este trabajo se aplicó un enfoque cuantitativo mediante técnicas de aprendizaje automático, utilizando el algoritmo de bosques aleatorios implementado en el lenguaje Julia. A partir del “Heart Disease dataset”, se construyó y validó un modelo de clasificación capaz de predecir si una persona tiene probabilidad de padecer una enfermedad cardíaca. El modelo fue entrenado y evaluado mediante validación cruzada y un conjunto de prueba, alcanzando una exactitud del 72%. Estos resultados muestran el potencial del aprendizaje automático como apoyo en la toma de decisiones clínicas.

Palabras Clave: Diagnóstico Médico, Conjunto de Datos, Aprendizaje Automático, Bosques Aleatorios, Julia.

Summary. The excess of information in medicine, together with the constant publication of studies with contradictory results, has made medical diagnosis—especially for heart diseases—increasingly complex. This work applies a quantitative approach using machine learning techniques, specifically the random forest algorithm implemented in the Julia programming language. Based on the “Heart Disease dataset,” a classification model was built and validated to predict whether a person is likely to suffer from heart disease. The model was trained and evaluated through cross-validation and a test dataset, achieving an accuracy of 72%. These results demonstrate the potential of machine learning as a support tool in clinical decision-making.

Keywords: Medical Diagnosis, Database, Machine Learning, Random Forests, Julia.

1 Introducción

Las enfermedades cardíacas representan una de las principales causas de morbilidad y mortalidad a nivel mundial. De acuerdo con datos de la Organización Mundial de la Salud, los trastornos cardiovasculares son responsables de aproximadamente el 30% de las muertes anuales en el mundo [1]. Esta realidad subraya la necesidad urgente de contar con herramientas de diagnóstico más eficientes, que permitan una detección temprana y precisa de factores de riesgo.

Sin embargo, el diagnóstico clínico tradicional enfrenta múltiples desafíos: desde la dependencia de pruebas de laboratorio costosas y especializadas, hasta la dificultad de integrar grandes volúmenes de datos clínicos, a menudo heterogéneos y con relaciones no lineales [1]. Este panorama se complica aún más por la presencia de información contradictoria en la literatura médica, lo que genera incertidumbre en la toma de decisiones clínicas.

En este contexto, los métodos de aprendizaje automático (Machine Learning) se han posicionado como una alternativa prometedora para apoyar el diagnóstico médico. Entre estos, el algoritmo de bosques aleatorios ha demostrado ser especialmente eficaz para tareas de clasificación, gracias a su capacidad de manejar datos con múltiples variables y su resistencia al sobreajuste [2][3].

El objetivo de esta investigación es desarrollar un modelo predictivo utilizando el algoritmo de bosques aleatorios, que permita estimar si una persona tiene probabilidad de padecer una enfermedad cardíaca [4]. Para ello, se utilizará el “Heart Disease dataset” del UCI Machine Learning Repository [5], del cual se seleccionarán 14 atributos clínicos relevantes. La construcción del modelo se llevará a cabo en dos etapas:

- Limpieza de datos: Utilizando los paquetes proporcionados por el lenguaje Julia (por ejemplo, `DataFrame.jl`, `Plots.jl`, etc.), verificaremos la existencia de valores atípicos, valores faltantes, así como

las tendencias y relaciones entre las diferentes características del conjunto de datos para obtener una mejor comprensión de la información disponible y derivar ideas útiles a partir de ella [3] [4] [6].

- Construcción del modelo:
 - Selección del modelo [2][3][7].
 - Entrenamiento del modelo [3][7] [8].
 - Validación del modelo [9][10].

Este trabajo no solo busca construir un modelo con buen desempeño predictivo, sino también explorar el potencial del aprendizaje automático como herramienta de apoyo en contextos clínicos, contribuyendo a mejorar la precisión diagnóstica y la toma de decisiones médicas.

2 Marco teórico

El aprendizaje automático (Machine Learning) ha cobrado gran relevancia en los últimos años debido a su capacidad para automatizar procesos de análisis y predicción a partir de datos. En el contexto médico, estos modelos pueden utilizarse para apoyar el diagnóstico clínico mediante la identificación de patrones complejos en los datos de pacientes. A continuación, se describen las principales etapas que conforman un sistema de clasificación supervisado, con el fin de establecer el marco conceptual que sustenta la presente investigación.

2.1 Definición del Problema

El primer paso en un proyecto de aprendizaje automático consiste en entender con claridad el problema que se desea resolver. En el caso de modelos de clasificación, se trata de predecir una etiqueta o clase a partir de un conjunto de características. El correcto planteamiento del problema permite seleccionar adecuadamente las técnicas de modelado, las métricas de evaluación y los datos relevantes [3][4][8][10].

2.2 Recolección y Preparación de Datos

Los datos son esenciales en los modelos de Machine Learning, y su calidad afecta directamente el desempeño del modelo. Este paso incluye:

- Recolección de datos: Obtener los datos necesarios desde diferentes fuentes, como bases de datos, archivos CSV, etc.
- Limpieza de datos: Eliminar datos erróneos, duplicados o valores faltantes.
- Transformación de datos: Convertir los datos a un formato adecuado para el algoritmo mediante técnicas como normalización o codificación de variables categóricas.
- División de datos: Los datos se dividen en dos conjuntos: el conjunto de entrenamiento y el conjunto de prueba.

¿Por qué dividir los datos?

Dividir los datos es crucial para evitar que el modelo se sobreajuste (memorice los datos del entrenamiento). La propuesta es que el modelo no solo aprenda a realizar predicciones precisas con los datos con los que ha sido entrenado, sino que también tenga la capacidad de generalizar y hacer estas predicciones en conjuntos de datos no analizados previamente. [3][4][6].

2.3 Selección del Modelo (Enfoque en bosques aleatorios)

En este paso se elige el modelo de Machine Learning, en este caso un bosque aleatorio, que mejor se ajusta al problema. Esta técnica se basa en la construcción de múltiples árboles de decisión, donde cada uno es un modelo basado en una estructura de árbol, que consta de:

- Nodos internos: Representan características o variables de decisión en el conjunto de datos.
- Ramas: Representan los resultados de esas decisiones o criterios.
- Hojas: Representan la clasificación o predicción final.

Un árbol de decisión funciona dividiendo iterativamente los datos en subconjuntos más pequeños basándose en una característica que maximice algún criterio, con el objetivo de crear hojas que contengan datos lo más homogéneos posibles. [2][3][9].

2.4 Entrenamiento del Modelo

El entrenamiento es el proceso donde el modelo “aprende” a partir del conjunto de entrenamiento. Este conjunto representa alrededor del 70-80 % de los datos y es donde el modelo ajusta sus parámetros para identificar patrones. Durante el entrenamiento:

- El modelo ajusta sus parámetros internos con el objetivo de minimizar el error entre las predicciones y los resultados reales.
- En el caso del árbol de decisión, el modelo construye una estructura de árbol donde cada nodo representa una decisión basada en una característica de los datos.
- El modelo sigue dividiendo los datos en ramas hasta que cada nodo final (hoja) contenga datos que sean lo más homogéneos posible respecto a la variable objetivo.

Conjunto de Entrenamiento: Se usa para entrenar el modelo, es decir, para que el algoritmo ajuste sus parámetros y aprenda los patrones en los datos. Aquí el modelo optimiza su desempeño buscando minimizar el error de predicción en este conjunto.

Conjunto de Prueba: No se usa durante el entrenamiento. Sirve para evaluar el rendimiento del modelo una vez que ha sido entrenado, con el fin de comprobar si ha aprendido bien los patrones y si puede generalizar a nuevos datos. Representa el 20-30 % de los datos y es fundamental para obtener una medida objetiva de la capacidad del modelo. [3][7][8].

2.5 Evaluación del Modelo

Después de entrenar el modelo, se necesita evaluar su rendimiento utilizando el conjunto de prueba. Este conjunto no fue usado durante el entrenamiento, por lo que permite ver cómo el modelo se comporta con datos nuevos, simulando su desempeño en la realidad.

Esta evaluación garantiza que el modelo no se sobreajuste a los datos de entrenamiento y que, en su lugar, aprenda patrones que puedan generalizarse. [9][10].

2.6 Optimización del Modelo

Si el modelo no ofrece un rendimiento adecuado, puede ser necesario ajustarlo. En el caso de un árbol de decisión, se puede optimizar mediante:

- Poda: Reducción del tamaño del árbol eliminando ramas que no agregan valor significativo. [7][9]
- Ajuste de hiperparámetros: Ajustar la profundidad máxima del árbol o el número mínimo de ejemplos en una hoja. [8].

2.7 Predicción y Despliegue

Una vez optimizado y validado el modelo, está listo para hacer predicciones sobre nuevos datos. El modelo se utiliza en producción para realizar tareas automatizadas de predicción. [10][11].

3 Antecedentes

En los últimos años, el uso de algoritmos de aprendizaje automático ha tomado relevancia en el ámbito médico debido a su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos clínicos y detectar patrones complejos que los métodos tradicionales no logran identificar [5][7][10]. Particularmente en el diagnóstico de enfermedades cardíacas, se han desarrollado múltiples estudios que exploran modelos predictivos basados en técnicas supervisadas como máquinas de vectores de soporte, redes neuronales y árboles de decisión [9][11].

Entre estas técnicas, los bosques aleatorios (Random Forest) han mostrado ventajas importantes, como su robustez frente a datos ruidosos, su capacidad para evitar el sobreajuste y su habilidad para manejar relaciones no lineales entre variables [2][6]. Investigaciones como las de Matloff (2024) y Geetha & Sendhilkumar (2023) destacan que los modelos de bosques aleatorios alcanzan niveles de precisión comparables o superiores a los de métodos más complejos, sin sacrificar interoperabilidad, lo cual es una ventaja clave en el ámbito clínico [7][10].

Además, autores como Zhou (2021) y Smolyakov (2023) plantean que este tipo de modelos no solo ofrecen buenas métricas de rendimiento, sino que también permiten extraer la importancia de las variables en el proceso de predicción, facilitando así la validación por parte de expertos médicos [9][11].

A pesar de estos avances, muchos estudios previos se han centrado en conjuntos de datos limitados o en implementaciones genéricas de estos algoritmos, sin un enfoque específico en la validación práctica del modelo en contextos reales de toma de decisiones. Por tanto, esta investigación propone como innovación el desarrollo de un modelo predictivo utilizando bosques aleatorios implementados en el lenguaje Julia, aplicado específicamente al conjunto de datos “Heart Disease” del UCI Repository [8]. La combinación de esta técnica, el lenguaje de programación orientado a rendimiento y un enfoque en características clínicas seleccionadas pretende aportar un modelo más eficiente y transparente para su futura aplicación como herramienta de apoyo diagnóstico.

4 Desarrollo del modelo

4.1 Recolección y preparación de datos

El pre procesamiento de datos es una etapa crucial en cualquier proyecto de aprendizaje automático, ya que permite preparar la información de manera adecuada para su análisis [4]. Antes de construir un modelo de clasificación, es necesario garantizar que el conjunto de datos esté en un formato utilizable, sin valores faltantes y con las características relevantes correctamente estructuradas.

Las características de la base de datos son las siguientes:

- Age: Edad del paciente.
- Sex: Sexo del paciente, donde 0 representa femenino y 1 representa masculino.
- Angina es un tipo de dolor de pecho que ocurre cuando el corazón no recibe sangre que contenga suficiente oxígeno.
- Cp: Tipo de dolor de pecho, donde las categorías son las siguientes:

Tabla 1 Tipos de dolor de pecho.

Categoría	Tipo de dolor de pecho
0	Angina típica
1	Angina atípica
2	Dolor no anginoso
3	Asintomático (no presenta síntomas de enfermedad)

- Trestbps: Presión arterial en reposo en mm Hg al momento de la admisión al hospital.
- Chol: Colesterol sérico en mg/dl.
- Fbs: Glucemia en ayunas, indicando si es mayor a 120 mg/dl o no, donde 0 representa falso y 1 representa verdadero.
- Restecg: Resultados de ECG en reposo, donde las categorías son las siguientes:

Tabla 2 Resultados del ECG.

Categoría	Resultados
0	Normal
1	Anomalía de la onda ST-T (inversión de la onda T y/o elevación o depresión del ST de > 0.05 mV)
2	Muestra hipertrofia ventricular izquierda probable o definitiva según los criterios de Estes

- Thalach: Máxima frecuencia cardíaca registrada.

- Exang: Presencia de angina inducida por el ejercicio, donde 0 representa no y 1 representa sí.
- Oldpeak: Depresión del segmento ST inducida por el ejercicio en relación al estado de reposo.
- La depresión del ST es más severa y extendida cuanto más profunda sea, y cuanto mayor sea la extensión de la depresión ST, más grave es la enfermedad. La depresión del ST se refiere a una depresión que se encuentra en un electrocardiograma. Esto ocurre cuando la traza del segmento ST está inusualmente por debajo de la línea base normal. El segmento ST se refiere al final de la onda S y el comienzo de la onda T en un electrocardiograma.
- Slope: La pendiente del segmento ST durante el ejercicio máximo. Las categorías son las siguientes:

Tabla 3 Pendiente del pico del ejercicio.

Categoría	Pendiente del pico
0	Pendiente ascendente
1	Plana
2	Pendiente descendente

- Ca: Número de vasos principales coloreados por fluoroscopia.
- Thal: Talasemia.
- La talasemia es una enfermedad hereditaria de la sangre en la cual el cuerpo no puede producir una forma adecuada o apropiada de hemoglobina.
- Target: Diagnóstico de enfermedad cardíaca, donde 0 representa que el estrechamiento del diámetro es menor al 50% y 1 representa que el estrechamiento del diámetro es mayor al 50%.

El primer paso será cargar los datos y verificar su estructura inicial. A continuación, se presenta el código para importar el conjunto de datos y realizar las primeras inspecciones:

Algoritmo 1.

```
[3]: using CSV
using HTTP
using DataFrames
url3="https://raw.githubusercontent.com/PacktWorkshops/The-Data-Analysis-Workshop/master/Chapter07/Dataset/heart.csv"
res3 = HTTP.get(url3)
medical = DataFrame(CSV.File(res3.body))
first(medical,5)
```

[3]: 5 rows × 14 columns (omitted printing of 3 columns)

	age	sex	cp	trestbps	chol	fbs	restecg	thalach	exang	oldpeak	slope
	Int64	Int64	Int64	Int64	Int64	Int64	Int64	Int64	Int64	Float64	Int64
1	63	1	3	145	233	1	0	150	0	2.3	0
2	37	1	2	130	250	0	1	187	0	3.5	0
3	41	0	1	130	204	0	0	172	0	1.4	2
4	56	1	1	120	236	0	1	178	0	0.8	2
5	57	0	0	120	354	0	1	163	1	0.6	2

A continuación, obtenemos las estadísticas descriptivas de la base.

```
[4]: using Distributions
describe(medical)
```

[4]: 14 rows × 7 columns

	variable	mean	min	median	max	nmissing	eltype
	Symbol	Float64	Real	Float64	Real	Int64	DataType
1	age	54.3663	29	55.0	77	0	Int64
2	sex	0.683168	0	1.0	1	0	Int64
3	cp	0.966997	0	1.0	3	0	Int64
4	trestbps	131.624	94	130.0	200	0	Int64
5	chol	246.264	126	240.0	564	0	Int64
6	fbs	0.148515	0	0.0	1	0	Int64
7	restecg	0.528053	0	1.0	2	0	Int64
8	thalach	149.647	71	153.0	202	0	Int64
9	exang	0.326733	0	0.0	1	0	Int64
10	oldpeak	1.0396	0.0	0.8	6.2	0	Float64
11	slope	1.39934	0	1.0	2	0	Int64
12	ca	0.729373	0	0.0	4	0	Int64
13	thal	2.31353	0	2.0	3	0	Int64
14	target	0.544554	0	1.0	1	0	Int64

Algoritmo 2.

Este DataFrame cuenta con 14 columnas, todas de tipo numérico. Cada columna contiene 303 registros, lo que indica que el conjunto de datos está compuesto por información de salud de 303 pacientes y no contiene valores faltantes. Dado que algunos nombres de las columnas pueden resultar confusos para quienes no tienen formación en el área médica, es conveniente renombrar algunas para facilitar su comprensión.

```
[12]: rename!(medical, Dict("cp" => "chest_pain",
                           "trestbps" => "rest_bp",
                           "fbs" => "fast_bld_sugar",
                           "restecg" => "rest_ecg",
                           "thalach" => "max_hr",
                           "exang" => "ex_angina",
                           "oldpeak" => "st_depr",
                           "ca" => "colored_vessels",
                           "thal" => "thalassemia" ))
first(medical,1)
```

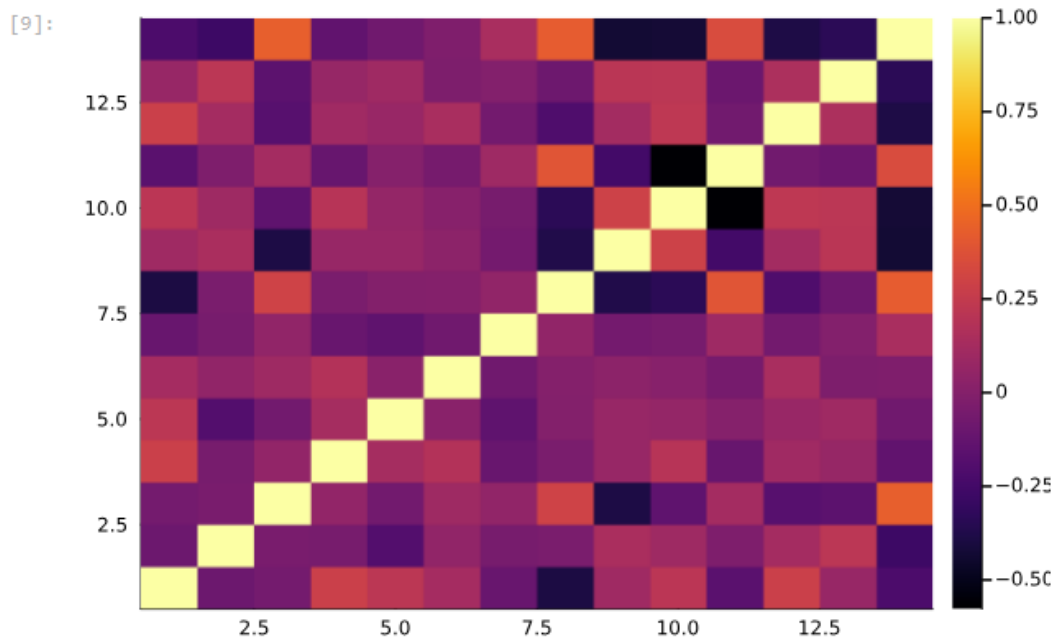
[12]: 1 rows × 14 columns (omitted printing of 5 columns)

	age	sex	chest_pain	rest_bp	chol	fast_bld_sugar	rest_ecg	max_hr	ex_angina
	Int64	Int64	Int64	Int64	Int64	Int64	Int64	Int64	Int64
1	63	1	3	145	233	1	0	150	0

Algoritmo 3.

En este trabajo, se construirá un modelo de aprendizaje automático, por lo que es fundamental identificar cuáles de estas características realmente afectan a la variable objetivo. Estas serán las características que se incorporarán al modelo para garantizar que este aprenda los patrones y tendencias adecuados, evitando así incluir información que no influya en las predicciones.

```
[9]: using Plots, StatsBase
      cols= names(medical);
      mcor= cor(Matrix(medical));
      cormedical= DataFrame(mcor, cols)
      heatmap(mcor)
```



Algoritmo 4.

El mapa de calor anterior indica que solo unas pocas características, como la pendiente, la frecuencia cardíaca máxima y el tipo de dolor en el pecho, presentan una correlación positiva significativa con la columna objetivo.

4.2 Entrenamiento del modelo

Se abordará la construcción de un modelo de clasificación para el diagnóstico de enfermedades cardíacas. La importancia de este tipo de modelos radica en su capacidad para analizar grandes volúmenes de datos y detectar patrones que permiten predecir con precisión la probabilidad de que un paciente presente una enfermedad [2]. El proceso de modelado se llevará a cabo mediante la implementación de algoritmos de clasificación, utilizando bosques aleatorios, que han demostrado ser efectivos en problemas similares [8].

Un paso crucial en la construcción de modelos de clasificación es la separación de los datos en dos conjuntos: datos de entrenamiento y datos de prueba. La proporción de 80/20 se seleccionó para asegurar que el modelo disponga de suficiente información para entrenarse adecuadamente y, a la vez, cuente con suficientes instancias para una evaluación significativa.

El modelo seleccionado para la clasificación es un bosque aleatorio (*Random Forest*). Esta técnica se basa en la construcción de múltiples árboles de decisión, donde cada uno se entrena con un subconjunto aleatorio de datos y características. Luego, los resultados de estos árboles se combinan para mejorar la precisión de la predicción y reducir el riesgo de sobreajuste [2]. El uso de bosques aleatorios es especialmente útil en problemas donde los datos presentan mucha variabilidad o cuando se busca minimizar el sesgo inherente a los modelos individuales [7]. En este caso, aplicamos el bosque aleatorio para analizar la presencia de enfermedades cardíacas, ya que permite capturar patrones complejos en los datos y obtener predicciones más robustas.

Algoritmo 5.

```
[6]: using DecisionTree

# Crear el modelo
forest_model = RandomForestClassifier()

# Entrenar el modelo
DecisionTree.fit!(forest_model, X_train_matrix, y_train_vector)

[6]: RandomForestClassifier
n_trees:          10
n_subfeatures:    -1
partial_sampling: 0.7
max_depth:       -1
min_samples_leaf: 1
min_samples_split: 2
min_purity_increase: 0.0
classes:         [0, 1]
ensemble:        Ensemble of Decision Trees
Trees:           10
Avg Leaves:      32.8
Avg Depth:       9.2
```

El modelo se configuró con **10 árboles de decisión** para lograr un equilibrio entre la complejidad del modelo y el tiempo de cómputo. Se utilizó la función `fit!` para entrenar el modelo con los datos de entrenamiento previamente preparados. El conjunto de entrenamiento incluyó las características seleccionadas (`cp`, `slope`, `thalach`) que han demostrado tener relevancia en la predicción de enfermedades cardíacas según los análisis previos. A través de este entrenamiento, el modelo fue capaz de **identificar relaciones o tendencias** en los datos, ajustando los árboles de decisión en función de las características disponibles.

En esta fase, se completó el entrenamiento del modelo y está listo para ser evaluado a través de validación cruzada y el conjunto de prueba, lo que permitirá medir su capacidad de generalización y rendimiento en datos no vistos.

4.3 Evaluación del modelo

Una vez entrenado el modelo de bosque aleatorio, el siguiente paso es evaluar su capacidad de generalización. La validación del modelo es crucial para medir su desempeño en datos no vistos y asegurar que no haya sobreajuste [9]. Para ello, se utilizan dos enfoques:

1. Validación cruzada: Permite evaluar el modelo en diferentes subconjuntos de los datos de entrenamiento, proporcionando una estimación más robusta del rendimiento del modelo.
2. Evaluación en el conjunto de prueba: Una vez validado el modelo, se utiliza el conjunto de prueba para medir su rendimiento final en datos completamente nuevos, que no se han utilizado en el entrenamiento ni en la validación.

Se emplea validación cruzada k -fold ($k=5$) para obtener una medida más confiable de la exactitud del modelo. A continuación, se presenta el código utilizado para llevar a cabo esta validación:

Algoritmo 6.

```
[116]: function cross_validation_model(model, X, y, n_folds=5)
    n = size(X, 1)
    indices = shuffle(collect(1:n))
    folds = [round(Int, (i-1)*n/n_folds+1):round(Int, i*n/n_folds) for i in 1:n_folds]
    accuracies = Float64[]

    for fold in folds
        test_idx = indices[fold]
        train_idx = setdiff(1:n, test_idx)

        # Entrenar el modelo
        DecisionTree.fit!(model, X[train_idx, :], y[train_idx])

        # Predecir con el modelo
        predictions = DecisionTree.predict(model, X[test_idx, :])

        # Calcular la exactitud
        accuracy = mean(predictions .== y[test_idx])
        push!(accuracies, accuracy)
    end

    return mean(accuracies)
end

# Usar la función
accuracy_cv = cross_validation_model(forest_model, X_train_matrix, y_train_vector)
println("Exactitud promedio de validación cruzada con el modelo existente: $accuracy_cv")

Exactitud promedio de validación cruzada con el modelo existente: 0.7560374149659864
```

Este proceso nos da una medida promedio del rendimiento del modelo, permitiendo evaluar su robustez en diferentes particiones de los datos de entrenamiento.

Una vez obtenida la validación cruzada, se procede a evaluar el modelo con el conjunto de prueba, que representa datos no vistos por el modelo. Esto nos proporcionará una medida de su capacidad de generalización.

Algoritmo 7.

```
[125]: # Realizar predicciones en el conjunto de prueba
y_pred = DecisionTree.predict(forest_model, X_test_matrix)

# Calcular la exactitud en el conjunto de prueba
test_accuracy = mean(y_pred .== y_test_vector)
println("Exactitud en el conjunto de prueba: $test_accuracy")

Exactitud en el conjunto de prueba: 0.7213114754098361
```

Se puede ver en la salida del código que el modelo presenta una exactitud de alrededor del 72%.

5 Análisis de los resultados

El modelo de clasificación basado en bosques aleatorios alcanzó una exactitud promedio del 72% en el conjunto de prueba, lo que indica un buen desempeño general en la predicción del riesgo de enfermedad cardíaca. Esta cifra es consistente con investigaciones previas que han utilizado algoritmos similares para tareas médicas de clasificación [7][10]. Si bien esta exactitud no garantiza un diagnóstico perfecto, sí representa una mejora significativa respecto a métodos tradicionales que no logran incorporar múltiples variables de forma simultánea.

Entre las variables con mayor peso en la predicción se encuentran el tipo de dolor torácico (cp), la frecuencia cardíaca máxima (thalach) y la pendiente del segmento ST (slope). Estos atributos coinciden con indicadores clínicos comúnmente utilizados por cardiólogos para evaluar riesgo cardiovascular, lo que refuerza la validez del modelo. La capacidad del algoritmo para identificar estas relaciones sin necesidad de reglas explícitas demuestra su valor como herramienta complementaria de apoyo diagnóstico.

No obstante, es importante reconocer ciertas limitaciones en el análisis. El conjunto de datos utilizado proviene del repositorio UCI, el cual, si bien ha sido ampliamente utilizado y presenta una estructura limpia y estandarizada, no está libre de sesgos de selección. El tamaño muestral relativamente reducido (303 pacientes) y la posible falta de representatividad de la población global limitan la generalización directa de los resultados. Además, la distribución de clases podría no reflejar adecuadamente la prevalencia real de la enfermedad cardíaca, lo que puede afectar el equilibrio del modelo y su precisión en casos clínicos reales.

A pesar de estas limitaciones, los resultados obtenidos son alentadores. El uso de datos secundarios permite enfocar el trabajo en la validación e implementación del modelo, lo que facilita experimentación rápida y controlada. Sin embargo, se recomienda, en investigaciones futuras, validar el modelo con datos provenientes de entornos clínicos reales, idealmente con mayor diversidad demográfica y volumen.

Finalmente, aunque se utilizó la exactitud como métrica principal, sería recomendable incorporar otras medidas como la sensibilidad, especificidad, y la curva ROC en estudios posteriores, especialmente considerando que en medicina es crucial minimizar tanto los falsos negativos como los falsos positivos.

6 Conclusiones y trabajos futuros.

El presente trabajo demuestra que el uso de técnicas de aprendizaje automático, en particular los bosques aleatorios, puede contribuir significativamente al diagnóstico de enfermedades cardíacas mediante modelos de clasificación precisos y robustos. La implementación de este enfoque permitió desarrollar una herramienta capaz de procesar múltiples variables clínicas y predecir con efectividad la probabilidad de padecer esta patología.

El modelo construido mostró un desempeño sólido en pruebas de validación, lo que refuerza su potencial como sistema de apoyo en entornos clínicos. Además, su diseño permite una interpretación razonable de las variables más influyentes en la predicción, lo cual favorece su adopción por profesionales médicos que requieren transparencia en los sistemas de inteligencia artificial.

Como líneas futuras de investigación, se sugiere ampliar el conjunto de datos con muestras más diversas y representativas de distintas poblaciones. Asimismo, sería conveniente explorar el uso de métricas adicionales como la sensibilidad y el valor predictivo positivo, para asegurar un rendimiento clínicamente relevante. Finalmente, se podrían comparar distintos algoritmos de clasificación y desarrollar prototipos de aplicación en tiempo real, con el fin de integrar este tipo de modelos en herramientas prácticas para el personal de salud.

Referencias

- [1] World Health Organization: WHO. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)) (2021). Accedido el 14 de diciembre de 2024.
- [2] Breiman, L.; Friedman, J. H.; Olshen, R. A.; Stone, C. J.: Classification and regression trees. Chapman & Hall/CRC Press (1998).
- [3] Galea, A.: Beginning data science with Python and Jupyter. Packt Publishing Ltd (2018).
- [4] Govindan, G.; Hora, S.; Palagachev, K.: The data analysis workshop. Packt Publishing Ltd (2020).
- [5] Janosi, A.; Steinbrunn, W.; Pfisterer, M.; Detrano, R.: Heart Disease. UCI Machine Learning Repository. <https://archive.ics.uci.edu/dataset/45/heart+disease> . Accedido el 11 de octubre de 2024.
- [6] Nazarathy, Y.; Klok, H.: Statistics with Julia: Fundamentals for data science, machine learning and artificial intelligence. Springer Nature Switzerland AG (2021).

- [7] Kneusel, R. T.: The art of randomness. No Starch Press (2024).
- [8] Matloff, N.: The art of machine learning. No Starch Press (2024).
- [9] Zhou, Z.-H.: Machine learning. Springer Nature Singapore Pte Ltd (2021).
- [10] Geetha, T. V.; Sendhilkumar, S.: Machine learning: concepts, techniques and applications. Chapman & Hall/CRC Press (2023).
- [11] Smolyakov, V.: Machine learning algorithms in depth. Manning Publications Co. (2023).

POLÍTICA EDITORIAL

CINTILLO LEGAL

Tecnología Educativa Revista CONAIC, es una publicación cuatrimestral editada por el Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación A.C. – CONAIC, calle Porfirio Díaz, 140 Poniente, Col. Nochebuena, Delegación Benito Juárez, C.P. 03720, Tel. 01 (55) 5615-7489, <https://www.terc.mx/>, editorial@conaic.net. Editores responsables: Dra. Alma Rosa García Gaona y Dr. Francisco Javier Álvarez Rodríguez. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2016-111817494300-203, ISSN: 2395-9061, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Su objetivo principal es la divulgación del quehacer académico de la investigación y las prácticas docentes inmersas en la informática y la computación, así como las diversas vertientes de la tecnología educativa desde la perspectiva de la informática y el cómputo, en la que participan investigadores y académicos latinoamericanos.

Enfatiza y declara expresamente la publicación de artículos de investigaciones con exigencia en la originalidad con carácter inédito y arbitrado.

Al menos el 60% del contenido de la publicación tiene carácter de investigación original dentro del ámbito científico y académico en el área de la tecnología educativa en torno a la ingeniería de la computación y la informática.

Toda publicación firmada es responsabilidad del autor que la presenta, los cuales son ajenos a la entidad editora y no reflejan necesariamente el criterio de la revista a menos que se especifique lo contrario.

Se permite la reproducción de los artículos con la referencia del autor y fuente respectiva.

ÁREAS TEMÁTICAS

Las áreas temáticas que incluyen la revista son:

1. Evaluación asistida por computadora.
2. Portales de e-learning y entornos virtuales de aprendizaje.
3. E-learning para apoyar a las comunidades e individuos.
4. Sitios de transacciones de e-learning.
5. Tópicos de enseñanza de la computación.
6. E-universidades y otros sistemas de TIC habilitando el aprendizaje y la enseñanza.
7. Sistemas de gestión para contenidos de aprendizaje.
8. Procesos de acreditación para programas de tecnologías de información.
9. Estándares de META datos.
10. Nuevas asociaciones para ofrecer e-learning.
11. Temas especializados en e-learning.
12. Mejora continua en la calidad de programas de tecnologías de información.
13. La brecha digital.
14. Las tecnologías interactivas.
15. Las tecnologías inclusivas en la educación.
16. Otras áreas del conocimiento relacionadas.

NATURALEZA DE LAS APORTACIONES

Se aceptarán trabajos bajo las siguientes modalidades:

1. Artículos producto de investigaciones inéditas y de alto nivel.
2. Reportes de proyectos relacionados con las temáticas de la revista.

CARACTERÍSTICAS DE LA REVISIÓN

Los originales serán sometidos al siguiente proceso editorial:

- a) El equipo editorial revisará los trabajos para que cumplan con los criterios formales y temáticos de la revista. Aquellos escritos que no se adecúen a la temática de la revista y/o a las normas para autores no serán enviados a los evaluadores externos. En estos casos se notificará a los autores para que adapten su presentación a estos requisitos.
- b) Una vez establecido que los artículos cumplen con los requisitos temáticos y formales, serán enviados a dos (2) pares académicos externos de destacada trayectoria en el área temática de la revista, quienes dictaminarán:
 - i. Publicar el artículo tal y como se presenta,
 - ii. Publicar el artículo siempre y cuando realicen las modificaciones sugeridas, y
 - iii. Rechazar el artículo.

En caso de discrepancia entre los dictámenes, se pedirá la opinión de un tercer par cuya decisión definirá el resultado. Así mismo, cuando se soliciten modificaciones, el autor tendrá un plazo determinado por el equipo editorial para realizarlas, quedando las mismas sujetas a revisión por parte de los pares que así las solicitaron.

- c) El tiempo aproximado de evaluación de los artículos es de 30 días, a contar a partir de la fecha de confirmación de la recepción del mismo. Una vez finalizado el proceso de evaluación, el equipo editorial de la revista comunicará por correo electrónico la aceptación o no de los trabajos a los autores y le comunicará la fecha de publicación tentativa cuando corresponda.

- d) Los resultados del proceso del dictamen académico serán inapelables en todos los casos.

FRECUENCIA DE PUBLICACIÓN

Tecnología Educativa Revista CONAIC publicó dos números anuales y un número especial hasta diciembre 2015, a partir de 2016 se emiten tres números anuales, manteniendo una periodicidad cuatrimestral.

ACCESO ABIERTO

Tecnología Educativa Revista CONAIC siempre ha brindado sus artículos a través de Internet sin ningún tipo de restricción. Por esta razón, no realiza cobro alguno por el envío de artículos ni por su publicación.

Tecnología Educativa Revista CONAIC se adhiere a la Iniciativa de Budapest para el Acceso Abierto a partir del 2014, por lo cual “permite a cualquier usuario leer, descargar, copiar, distribuir, imprimir, buscar o añadir un enlace al texto completo de artículos, rastrearlos para su indización, incorporarlos como datos en un software, o utilizarlos para cualquier otro propósito que sea legal, sin barreras financieras, legales o técnicas, aparte de las que son inseparables del acceso mismo a la Internet” (<http://www.budapestopenaccessinitiative.org/translations/spanish-translation>).

Fortaleciendo la política de acceso abierto, Tecnología Educativa Revista CONAIC se publica bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0), la cual permite compartir (copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato) y adaptar (remezclar, transformar y crear a partir del material), bajo la condición de que se den los créditos correspondientes y no se haga uso comercial de los materiales (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>).

INDEXACIONES

Sistemas de Indexación:

- Google Académico
- Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal – LATINDEX

Directorios:

- Directory of Open Access Journals - DOAJ
- Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico - REDIB

Identificadores:

- DOI – Crossref Content Registration