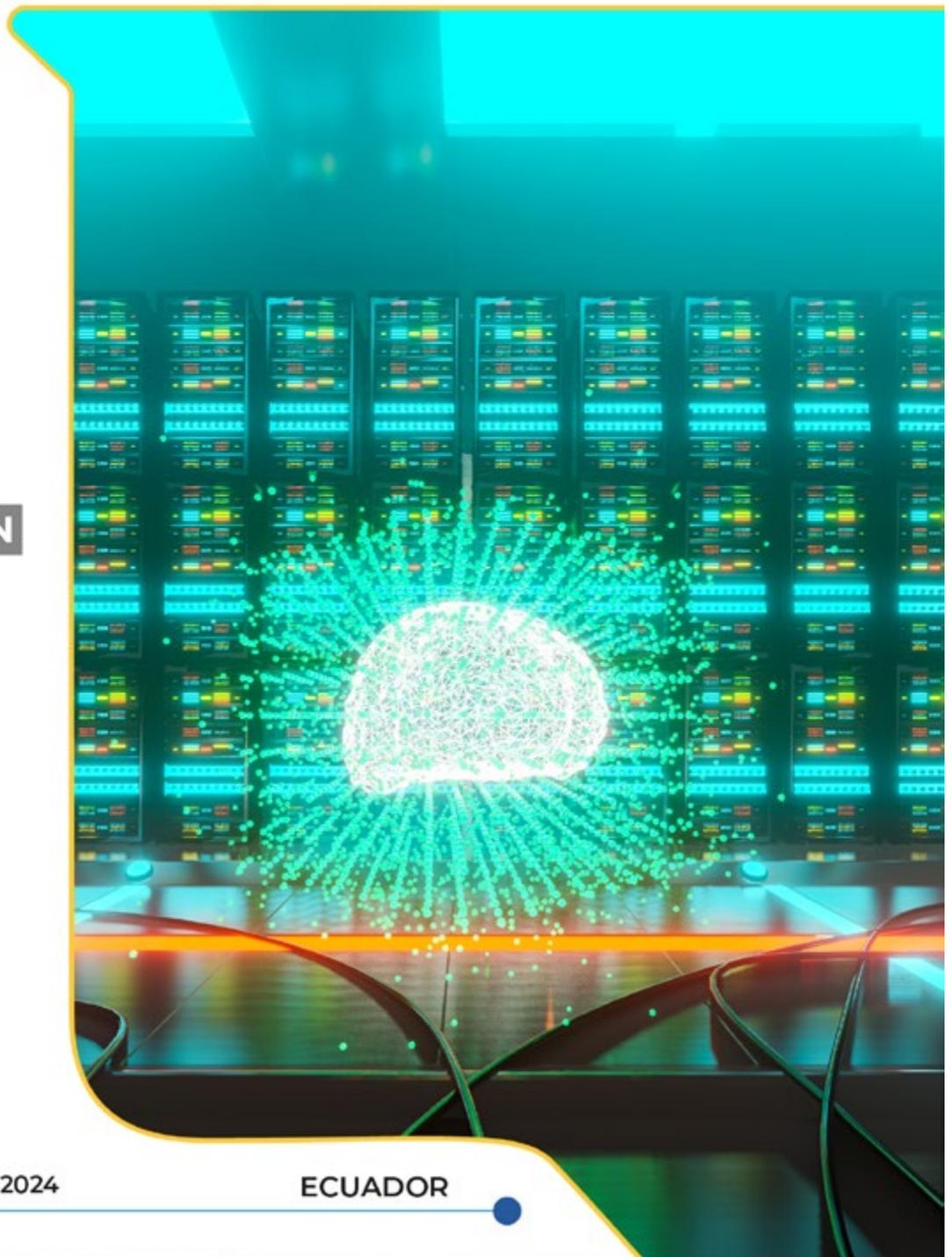


e-ISSN: 2550-6730



**UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
MANABÍ**
Fundada en 1952

8
VOLUMEN
Núm. 1



ENERO – JUNIO 2024

ECUADOR

AUTORIDADES INSTITUCIONALES (INSTITUTIONAL AUTHORITIES)

Rector
Santiago Quiroz Fernández, Ph. D.

Vicerrectora Académica
Mara Molina de Lozano, Ph. D.

Director de Investigación
Alex Dueñas Rivadeneira, Ph. D.

Decana de la Facultad de Ciencias Informáticas
Leticia Vaca Cárdenas, Ph. D.

CONSEJO EDITORIAL (EDITORIAL BOARD)

*Director de la Revista
(Editor in Chief)*

 **Jorge Párraga Álava, Ph.D.**
 Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

EDITORES (Editors)

 **Leticia Vaca Cárdenas, Ph. D.**
 Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

 **Lucia Rivadeneira Barreiro, Ph. D.**
 Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

 **Leonardo Chancay García, Ph. D.**
 Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

 **Marlon Navia Mendoza, Ph.D.**
 Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

CONSEJO DE REVISORES (REVIEWERS BOARD)

 **Ms. C. Gabriela Rivas Urrego**
 Universidad de las Fuerzas Armadas,
Ecuador

 **Ms. C. Diego Marcelo Reina Haro**
 Universidad Nacional de Chimborazo,
Ecuador

 **Ph.D. José Puche**
 INDRA, España

 **Ph.D. Santiago Ruiz Sánchez**
 Universidad Politécnica de Valencia,
España

 **Oscar Alvear Alvear, Ph. D.**
 Universidad de Cuenca, Ecuador

 **Ph.D. Diego Hernán Peluffo-Ordóñez**
 Université Mohammed VI Polytechnique,
Marruecos

 **Ph.D. Verónica Proaño Ríos**
 Universidad de Santiago de Chile, Chile

 **Ph.D. Jorge Zambrano-Martinez**
 Universidad del Azuay, Ecuador

CONSEJO CIENTÍFICO (ADVISORY BOARD)

 **Felipe Bello Robles, Ph. D.**
 Universidad de Santiago de Chile, Chile

 **Manuel Villalobos Cid, Ph. D.**
 Universidad de Santiago de Chile, Chile

 **Paulo Freitas de Oliveira Novais, Ph. D.**
 Univerddidade do Minho, Portugal

 **Dalila Alves Durães, Ph. D.**
 Univerddidade do Minho, Portugal

 **Edith Josefina Liccioni, Ph. D.**
 Universidad de Chimborazo, Ecuador

 **Cristóbal Samaniego Alvarado, Ph. D.**
 Barcelona Supercomputing Center, España

EQUIPO TÉCNICO (TECHNICAL TEAM)

Webmaster OJS

 **Ing. Victor López Tuárez**
Instituto de Investigación,
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

Diseñador, Diagramación y Portada

 **Ing. Irving Cevallos Bumbila, Mg.**
Dirección de Comunicaciones,
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

Informática y Sistemas:
Revista de Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones
Volumen 8, Número 1
Enero – Junio 2024
e-ISSN: 2550-6730

Informática y Sistemas: Revista de Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones (ISRTIC) es una publicación electrónica semestral de carácter científico, que edita la Facultad de Ciencias Informáticas de la Universidad Técnica de Manabí, orientada a la socialización de resultados de investigación, a través de artículos novedosos y de alto rigor científico, en las áreas asociadas a las tecnologías de la información y las comunicaciones. ISRTIC no efectúa cargos por concepto de costos de procesamiento, envío o publicación de artículos.

El proceso editorial de ISRTIC se gestiona a través del



ISRTIC es una publicación de acceso abierto con licencia



Los artículos de ISRTIC cuentan con código de identificación de objeto digital (DOI)



ISRTIC utiliza el sistema antiplagio



Las revista está indizada en



Los artículos de la presente edición se pueden obtener en
<https://doi.org/10.33936/isrtic.v8i1>

EDITORIAL

Estimadas/os lectoras/es,

Me complace presentarles el Volumen 8 Número 1 de Enero- Junio 2024 de Informática y Sistemas: Revista de Tecnologías de la Información y Computación (ISRTIC), un compendio que explora la intersección de la tecnología, la educación y la cultura desde perspectivas innovadoras y relevantes. Este número reúne investigaciones que destacan el impacto transformador de las tecnologías emergentes en diversas áreas.

El número inicia con “Gamificación de las leyendas de la ciudad de Riobamba utilizando la plataforma DREAMS”, un artículo que se adentra en el uso de la gamificación para revitalizar y preservar el patrimonio cultural local, haciendo uso de tecnologías interactivas que capturan la imaginación de las nuevas generaciones. En “Visiones del Futuro Urbano: El Paradigma Teórico de las Smart Cities”, los autores invitan a reflexionar sobre el futuro de las smart cities, explorando cómo la tecnología puede moldear urbes más eficientes, sostenibles y habitables. El artículo “Evaluación comparativa de herramientas tecnológicas basadas en Inteligencia Artificial para el monitoreo de enfermedades” ofrece un análisis profundo de diversas soluciones tecnológicas que prometen revolucionar el sector de la salud, mejorando la capacidad de respuesta y la gestión de enfermedades. De igual modo en “Asistentes digitales en la experiencia del patrimonio cultural: Beacons en el Museo Naval de Madrid” se presenta un estudio fascinante sobre la integración de beacons para enriquecer la experiencia del visitante en contextos museísticos, fusionando la tecnología con la preservación y difusión del patrimonio cultural. Finalmente, “Validación y Emisión de Certificados en Educación Superior Utilizando Tecnología Blockchain” examina cómo la tecnología blockchain está transformando la educación superior, ofreciendo soluciones seguras y transparentes para la emisión y validación de certificados académicos. Cada uno de estos artículos ofrece una visión única y detallada de cómo las innovaciones tecnológicas están redefiniendo distintos campos.

Quiero expresar nuestro más sincero agradecimiento a todos los autores por sus valiosas contribuciones y al equipo de revisores por su incansable dedicación y compromiso con la excelencia de nuestra revista. También extendiendo un agradecimiento a nuestros lectores, cuyo apoyo constante es una fuente de motivación para continuar promoviendo la investigación y la difusión del conocimiento en el campo de la ciencia y la tecnología. Su confianza y respaldo inspiran a seguir adelante.

Jorge Párraga Álava, Ph.D.

Director General

Informática y Sistemas:

Revista de Tecnologías de la Información y Computación

INDICE

Israel Alexander Olmedo Vargas , Miryan Estela Narváez Vilema,
Adrián Humberto Espíndola Garcés

1-7

Gamificación de las leyendas de la ciudad de Riobamba utilizando la plataforma DREAMS

Gamification of the legends of the city of Riobamba using the DREAMS platform

Oscar Efrén Cárdenas Villavicencio , Mariuxi Paola Zea Ordoñez,
Joofre Antonio Honores Tapia, Freddy Stalin Lamar Peña

8-15

Visiones del Futuro Urbano: El Paradigma Teórico de las Smart Cities

Visions of the Urban Future: The Theoretical Paradigm of Smart Cities

Oscar Efrén Cárdenas Villavicencio , Milton Rafael Valarezo Pardo,
Freddy Aníbal Jumbo Castillo, Juan Andrés Jaramillo Barreiro

16-26

Evaluación comparativa de herramientas tecnológicas basadas en Inteligencia Artificial para el monitoreo de enfermedades

Comparative evaluation of technological tools based on Artificial Intelligence for disease monitoring

María Jesús Rosado García, Ramón Argüelles Bustillo

27-35

Asistentes digitales en la experiencia del patrimonio cultural: Beacons en el Museo Naval de Madrid

Digital assistants in the experience of cultural heritage: Beacons in the Naval Museum of Madrid

Freddy Stalin Lamar Peña, Geovanny Andrés Vega Mite, Joofre Antonio Honores Tapia, Oscar Efrén Cárdenas Villavicencio

36-51

Validación y Emisión de Certificados en Educación Superior Utilizando Tecnología Blockchain

Validation and Issuance of Higher Education Certificates Using Blockchain Technology



Gamificación de las leyendas de la ciudad de Riobamba utilizando la plataforma DREAMS

Gamification of the legends of the city of Riobamba using the DREAMS platform

Autores

- ✉ Israel Alexander Olmedo Vargas
- ✉ * Miryan Estela Narváez Vilema
- ✉ Adrián Humberto Espíndola Garcés

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

* Autor para correspondencia

Comó citar el artículo:

Olmedo Vargas, I. A., Narváez Vilema, M. E., & Espíndola Garcés, A. H. (2024). Gamificación de las leyendas de la ciudad de Riobamba utilizando la plataforma DREAMS. *Informática y Sistemas: Revista de Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones*, 8(1), 1-7. DOI: <https://doi.org/10.33936/isrtic.v8i1.6116>

Enviado: 21/09/2023
Aceptado: 22/11/2023
Publicado: 02/01/2024

Resumen

iD

iD

iD

Los videojuegos han emergido como una poderosa herramienta educativa versátil que puede tener un impacto significativo en el aprendizaje de los estudiantes. Cuando se integran de manera adecuada y equilibrada en el entorno educativo, los videojuegos tienen el potencial de hacer que el proceso de aprendizaje sea más atractivo, interactivo y efectivo para los estudiantes de todas las edades. La finalidad de este trabajo investigativo fue desarrollar un videojuego infantil de las leyendas de la ciudad de Riobamba, utilizando la plataforma DREAMS como un método de gamificación para el proceso de enseñanza aprendizaje de los estudiantes de quinto de básica de la escuela San Mateo. El videojuego cumple con funciones, características y conceptos claros y concretos, con una gran capacidad de ser entendida por el público objetivo, gracias a la implementación de la metodología de desarrollo SUM, que proporciona diferentes fases que otorgan al desarrollador definir y estructurar actividades, gestionando los posibles riesgos que puedan surgir a través de ellas, esta cuenta con cinco fases principales: planificación, elaboración, beta, cierre y gestión de riesgos. Por último, para saber si el videojuego cumple con los estándares establecidos y determinar si efectivamente puede ser utilizado como un método de enseñanza se evalúa. La validez del marco de trabajo fue comprobada con la aplicación de distintos parámetros sugeridos por la escala de Likert, obteniendo una alta satisfacción y criterios positivos a partir de su utilización.

Palabras clave: Leyendas, Videojuego, Plataforma Dreams, Metodología SUM.

Abstract

Video games have emerged as a powerful versatile educational tool that may significantly impact student's learning. When integrated appropriately and balanced into the educational environment, video games have the potential to make learning, a more engaging, interactive, and effective process for students of all ages. The purpose of this investigative work was to develop a children's video game of the legends of the city of Riobamba, using the DREAMS platform as a gamification method for the teaching and learning process of fifth-grade students at San Mateo school. The video game complies with clear and concrete functions, characteristics, and concepts, with a great capacity to be understood by the target audience, thanks to the implementation of the SUM development methodology, which provides different phases that allow the developer to define and structure activities, managing the possible risks that may arise through them. It has five main phases: planning, preparation, beta, closure, and risk management. Finally, to know if the video game meets the established standards and determine if it can effectively be used as a teaching method, it is evaluated. The validity of the framework was verified with the application of different parameters suggested by the Likert scale, obtaining high satisfaction and positive criteria from its use.

Keywords: Legends, Video Game, Dreams Platform, SUM Methodology.



1. Introducción

En la sociedad, los videojuegos forman una parte importante en la formación y aprendizaje (Jiménez 2016). El conocer nuevas culturas, tradiciones e incluso religiones de distintos países del mundo, representándolo con una belleza y una estética sin igual, sirve como un medio audiovisual para que nuevos sectores de la población mundial se vean atraídos a experimentar dichas sensaciones y a su vez formar un carácter y una personalidad a través de mitos, leyendas, historias y culturas. (Barcelona, 2020)

La investigación se centró en generar nuevo conocimiento a través de relatos y leyendas de la ciudad de Riobamba, creando escenarios, personajes con un diseño caricaturesco y lleno de colores, con la finalidad de captar la atención de un público infantil, adicional a la parte visual, se contemplaron 3 niveles o escenarios cada uno con su propia historia, los cuales sean determinantes para relatar de manera elocuente y dinámica las leyendas, dentro del género de los videojuegos de plataforma.

El utilizar las herramientas de modelado, diseño de niveles, personajes, estabilizar los FPS del juego según las capacidades de procesamiento de la consola y la optimización de recursos para generar un mayor balance combinado con un mayor rendimiento, logra crear un videojuego sólido, pero sobre todo uno que este lleno de vida y que tenga sentido en sus historias, y de esta manera haber concretado con el principal objetivo de la investigación, un medio para divertirse mientras se aprende. (Playstation, 2020)

El desarrollo del videojuego se basó en la metodología SUM, la misma que sigue los principios de las metodologías ágiles, en particular en Scrum y XP. SUM fue creada para que se adapte a equipos multidisciplinarios pequeños y proyectos cortos con alto grado de participación del cliente. Además, brinda flexibilidad para definir el ciclo de vida y puede ser combinado fácilmente con otras metodologías para adaptarse a distintas realidades. (Acerenza et al., 2009)

La investigación tuvo como objetivo demostrar que el uso de videojuegos como recurso pedagógico permite que el aprendizaje sea vivencial y entretenido, favoreciendo al proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes. Los resultados indican una recepción positiva por parte de los estudiantes hacia los contenidos del videojuego, destacando el hecho de que los niños aprendieron manteniendo en todo momento niveles altos de diversión, satisfacción y curiosidad.

2. Materiales y Métodos

Riobamba es una ciudad rica en cultura, posee gran diversidad

en los ámbitos del arte, historia, folclore. Las tres leyendas seleccionadas fueron las mas impactantes y por supuesto las que tienen una historia entretenida y llamativa.

• **La ciudad escondida de Chimborazo:** Leyenda que narra los acontecimientos de un joven y una hacienda localizada en las faldas de Chimborazo.

• **Tesoro de Atahualpa:** Leyenda del legendario tesoro del Inca Rumiñahui, en el que se narran los hitos de como fue escondido justo al norte del Imperio Tahuantinsuyo.

• **El descabezado de Riobamba:** Leyenda urbana que narra las aventuras de un personaje terrorífico que paralizaba a todo Riobamba, con un caballo, botas, pantalón y poncho tan oscuros como la noche.

La investigación se ajusta a un enfoque cuantitativo porque se basa en la recopilación y análisis de datos, permitiendo comprobar parámetros e identificar si los objetivos fueron cumplidos, se determina una población de 39 estudiantes de los paralelos A y B de quinto de básica de la escuela “San Mateo”, de la ciudad de Riobamba.

Por medio de la fórmula de población finita se obtuvo una muestra de 37 estudiantes.

$$n = \frac{N * Z_n^2 * p * q}{d^2 (N-1) + Z_n^2 * p * q} \quad (1)$$

Donde:

- N = Total de la población
- $Z_\alpha = 1.96$ al cuadrado (si la seguridad es del 98%)
- p = Proporción esperada (8%)
- $q = 1-p$ (0.95)
- d = precisión (uso del 50% maximizando el tamaño de la muestra)

Para tener un enfoque más amplio y claro, se ejecuta el proceso de investigación de tres formas: 1) Investigación de campo permitiendo obtener información física y concreta de personas residentes en la localidad. 2) También se contempló la investigación aplicada para comprender si efectivamente los videojuegos funcionan como un método o un proceso para el aprendizaje de los estudiantes y niños, evaluando su satisfacción por medio de una encuesta teniendo bases en la escala de Likert. 3) Investigación descriptiva que determina la usabilidad del

videojuego a través de un proceso en el cual se analizan los datos obtenidos; la investigación bibliográfica que es importante para tener un registro de la información, específicamente de artículos, blogs e incluso proyectos de investigación enfocados en el uso de la tecnología como principal método para la enseñanza aprendizaje. (Canto de Gante et al., 2020)

El método para el desarrollo práctico e investigativo fue seleccionado minuciosamente, llegando a la conclusión que la metodología SUM es la más óptima para aprovechar al máximo la ejecución y aplicación del videojuego. Esta metodología fue diseñada y adaptada especialmente para este uso, enfocándose en los recursos de tiempo y costo, incrementando los procesos de eficacia y eficiencia, obteniendo resultados concretos para que puedan administrar y determinar la gestión de riesgos, dando finalización al proceso con una alta productividad dentro del equipo de desarrollo. (Murillo et al., 2018)

La Metodología SUM cuenta con un ciclo de vida, fases iterativas incrementales, aumentando la seguridad y la confiabilidad:

- **Concepto:** Se define las características principales del videojuego como el tipo de jugabilidad, la historia, los escenarios, entre otros.

- **Planificación:** Es en esta fase donde se planifico la investigación y el proyecto, definiendo el cronograma de actividades, estableciendo los hitos, recursos empleados, junto a las técnicas y métodos para ejecutar las tareas.

- **Elaboración/Desarrollo:** Esta compuesta de tres puntos importantes: 1) planificación de los objetivos y métricas a realizar, 2) ejecución de las tareas del cronograma, 3) evaluación del estado del videojuego que mide de forma constante como va el desarrollo y construcción del mismo.

- **Beta:** Siendo esta la primera versión jugable del juego, evalúa cada uno de los aspectos que conforman la jugabilidad y la interacción que el usuario puede tener. Teniendo una sub fase llamada beta que corrige más errores y deja por concluido el desarrollo.

- **Alfa:** Siendo esta la primera versión funcional y disponible del videojuego, el desarrollo del videojuego fue cada vez mejorando su calidad, es decir, en esta fase del juego se agrega el texturizado a cada uno de los niveles, agregándole diversos elementos que ayuden a que se vea mejor visualmente.

- **Cierre:** Se entrega el producto finalizado al usuario o cliente, además esta fase sirvió para evaluar la satisfacción del cliente por medio de la encuesta, utilizando la escala de Likert.

Cabe resaltar que la **Gestión de Riesgos**, no se encuentra dentro del ciclo de vida de la metodología antes mencionada, pero es indispensable para su desarrollo y ejecución, está presente desde el inicio hasta el final de un proyecto, y sirve principalmente para medir, analizar y minimizar el impacto de los problemas que puedan suscitarse.

Los materiales en cuestión empleados en esta investigación fueron los siguientes:

- **PlayStation 4:** Consola que funciona como principal

herramienta para comenzar el desarrollo.

- **Cuenta PlayStation Network:** Función que posee la PlayStation para acceder al contenido Online y acceso a internet.

- **DREAMS:** Aplicación donde se crea los escenarios, personajes para el videojuego, además de tener un alojamiento en la nube de la aplicación (ver Figura 1).

- **Computadora:** Equipo de trabajo para la proyección de las leyendas.

- **Filmora:** Aplicación para la creación de las leyendas de la ciudad de Riobamba.

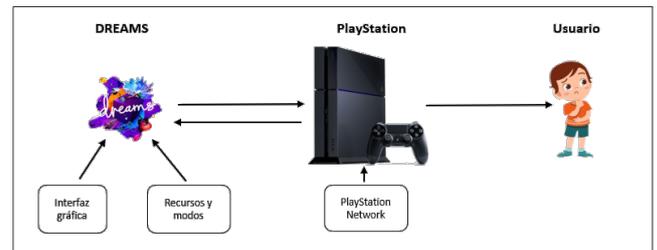


Figura 1. Arquitectura de Desarrollo
Fuente: Los autores

3. Resultados y Discusión

Como resultado se obtuvo un videojuego que representa tres leyendas de la ciudad de Riobamba, utiliza dinámicas simples con la finalidad que los usuarios se adapten rápidamente al modo de juego, además, cumple con los requerimientos establecidos en la planificación, cuenta con cinemáticas que permiten a los niños comprender de mejor manera y tengan una retroalimentación eficiente, las animaciones dentro del videojuego tienen la funcionalidad de permitir al usuario entender y disfrutar de la historia que se está narrando (Ver Figura 2).



Figura 2. Ejemplos del videojuego
Fuente: Los autores

Después de finalizar la primera versión Alfa del videojuego, se hizo una validación del mismo con estudiantes escuela San Mateo. Esta validación consistió en hacer que los estudiantes prueben el videojuego y después respondan una serie de preguntas

sobre el mismo, principalmente para evaluar la satisfacción del usuario, es así que se generó seis ejes importantes en forma de preguntas para cubrir los objetivos planteados en el desarrollo del videojuego.

Cabe mencionar que para el análisis de los datos se utilizó el software estadístico IBM SPSS Statics, es un instrumento confiable y profesional para obtener información eficaz y certera, ayudando a que se obtuviera respuestas claras, concisas y sobre todo de forma gráfica. Para dar inicio al análisis y demostrar los resultados de forma más clara y detallada, la mejor opción fue utilizar el análisis descriptivo, con ayuda de gráficos para un mejor entendimiento.

En la variable de sexo (genero), se etiquetó con el número 1 a los datos ingresados que representa al género masculino y 2 para los datos correspondientes al género femenino.

Tabla 1. Tabla de frecuencia Sexo
Fuente: Los autores

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	1	18	48.6	48.6
Válidos	2	19	51.4	100.0
Total	37	100.0	100.0	



Figura 3. Datos válidos sobre los datos de Sexo
Fuente: Los autores

Para el primer eje, se evidencia que existe un 51.4% correspondiente al género femenino con un total de 19 respuestas y un 48.6% correspondiente al género masculino con un total de 18 respuestas (ver Tabla 1), denotando en la **Figura 3**, que existen datos validados para los dos géneros.

¿Le gusta las Leyendas?, es la primera pregunta de la encuesta, está sujeta a una valoración bajo la escala de Likert, contiene respuestas dentro del rango de 3 a 4, donde el 3 representa la opción de **Satisfecho**, y 4 para la opción de **Muy Satisfecho**.

Según los datos de la Tabla 2 y Figura 4, demuestran que los estudiantes generaron un interés por las leyendas, al evaluar el

Tabla 2. Tabla de frecuencia pregunta 1
Fuente: Los autores

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	3	1	2.7	2.7
Válidos	4	36	97.3	100.0
Total	37	100.0	100.0	

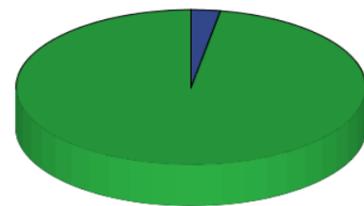


Figura 4. Datos válidos sobre los datos de la pregunta 1
Fuente: Los autores

videojuego, obteniendo un 97.3% de respuestas inclinadas a la opción de **Muy Satisfecho** y tan solo un 2.7% de respuestas a la opción de **Satisfecho**.

¿Le gustó el videojuego de las Leyendas de Riobamba?, es la segunda pregunta de la encuesta, está sujeta a una valoración bajo la escala de Likert, conteniendo en su totalidad de respuestas a la opción 4, que en la escala de Likert es representada por **Muy Satisfecho**.

En esta pregunta se concluye que el videojuego propuesto

Tabla 3. Tabla de frecuencia pregunta 2
Fuente: Los autores

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	4	37	100.0	100.0

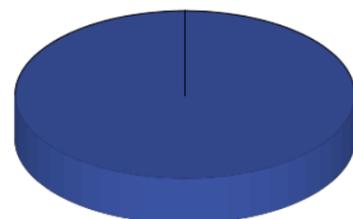


Figura 5. Datos válidos sobre los datos de la pregunta 2
Fuente: Los autores

cumple con la funcionabilidad de entretener a los estudiantes de la Unidad Educativa, obteniendo un 100% de respuestas positivas, como demuestra la Tabla 3 y Figura 5.

¿Le gustaría tener este videojuego?, es la tercera pregunta de la encuesta, está sujeta a una valoración bajo la escala de Likert, los datos arrojados dieron tuvieron un mayor grado a la opción de **Satisfecho (opción 3)**, y **Muy Satisfecho (opción 4)**.

La **Tabla 4 y Figura 6**, muestran los resultados que se obtuvieron

Tabla 4. Tabla de frecuencia pregunta 3
Fuente: Los autores

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	3	2	5.4	5.4
Válidos	4	35	94.6	94.6
Total	37	100.0	100.0	

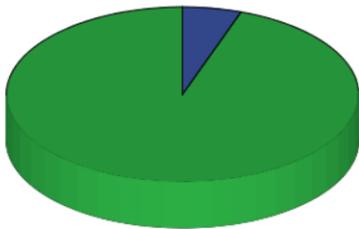


Figura 6. Datos válidos sobre los datos de la pregunta 3
Fuente: Los autores

con un 94.6% para la opción 4, y el 5.4% restantes para la opción 3, verificando según sus respuestas un evidente interés de los estudiantes por adquirir el producto.

¿Al jugar aprendió sobre las leyendas de Riobamba?, siendo la cuarta pregunta de la encuesta, a diferencia de las anteriores preguntas fue diseñada para contener respuestas de **SI** y **NO**, registrando las respuestas en el sistema con los valores de **1** y **2** respectivamente.

Esta pregunta es de real importancia debido a que se cumple con efectividad el principal objetivo del proyecto el cual es generar

Tabla 5. Tabla de frecuencia pregunta 4
Fuente: Los autores

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	1	37	100.0	100.0

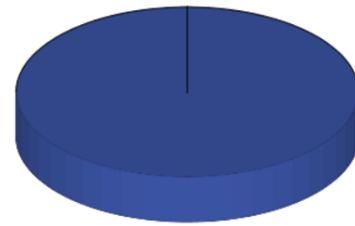


Figura 7. Datos válidos sobre los datos de la pregunta 4
Fuente: Los autores

un videojuego que sirva como un método de aprendizaje (Tabla 5 y Figura 7), debido a que el total de respuestas obtenidas en dicha preguntan concuerda con un 100% a la opción 1.

¿Le gusta aprender jugando?, siendo la última pregunta de la encuesta, al igual que la anterior solo contiene respuestas de **SI** y **NO**, con los valores asignados de **1** y **2**.

Se pudo comprobar que los estudiantes adquirieron conocimientos de las leyendas, aprendiendo mientras se divierten, con una

Tabla 6. Tabla de frecuencia pregunta 5
Fuente: Autores

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	1	37	100.0	100.0

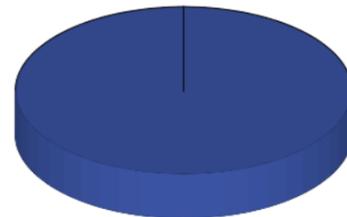


Figura 8. Datos válidos sobre los datos de la pregunta 5
Fuente: Los autores

totalidad de respuestas del 100% a la opción 1 (**SI**), (ver Tabla 6 y Figura 8).

Discusión

El desarrollo de un videojuego siempre será complejo y tendrá sus dificultades, pero con el uso de la metodología SUM se pudo administrar más eficazmente el uso del tiempo, poniendo en práctica todos los conocimientos adquiridos durante la investigación del proyecto de la manera más adecuada posible y disminuyendo considerablemente los riesgos surgidos en este largo proceso.

En estos últimos años con la tecnología ya ligada a la vida cotidiana de las personas, se han realizado diversos estudios e investigaciones en como los videojuegos pueden ser utilizados como un medio de aprendizaje para nuevas generaciones, es por ello que surgió la propuesta del proyecto **“LOS JUEGOS INTERACTIVOS DIDÁCTICOS Y SU INFLUENCIA EN EL DESARROLLO INTELECTUAL EN EL ÁREA DE ESTUDIOS SOCIALES DE LOS NIÑOS DE 6to. AÑO DE EGB. DE LA ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA “EDUARDO MERA” DE LA CIUDAD DE AMBATO”**, de la Universidad Técnica de Ambato. En la cual los resultados obtenidos fueron totalmente positivos, creando nuevos métodos y técnicas para que los videojuegos puedan ser implementados en las mallas curriculares. (Molina, 2014)

Por supuesto para que nuestras propuestas sean válidas, no solamente debemos guiarnos de unas pocas investigaciones, al contrario, como profesionales debemos investigar y obtener un conocimiento más amplio sobre el tema para poder comprobar si el proyecto concuerda con las metas que se propusieron al inicio. Por ello sacar una mención del proyecto **“El juego como estrategia didáctica en la educación infantil”**, que posee una base similar a nuestra investigación, esta tiene un enfoque cuantitativo, abordando varios enfoques entre los cuales se tiene la descripción, la interpretación, mientras se establece una metódica múltiple, naturalista e interpretativa. (Acerenza et al., 2009)

Estas investigaciones y proyectos no han hecho más que verificar y validar los resultados de este artículo, comprobando que los videojuegos no solamente pueden ser empleados bajo una ideología de entretenimiento y diversión (Navarro, 2021), sino que también pueden ser desarrollados y elaborados baso una metodología de aprendizaje en la que los estudiantes puedan aprender de una forma muy distinta a la convencional, manteniendo altos niveles de interés sobre un tema determinado. (Núñez-Barriopedro et al., 2020)

4. Conclusiones

El desarrollo del videojuego se llevó a cabo utilizando la metodología SUM, que proporciona una estructura clara y definida a lo largo de cinco fases: planificación, elaboración, beta, cierre y gestión de riesgos. La evaluación de la satisfacción de los usuarios se realizó utilizando la escala de Likert, asegurando que fuera comprensible y adecuada para los niños, y estableciendo parámetros y estándares de calidad, en última instancia, el proyecto logró su objetivo de socializar eficazmente las

leyendas de la ciudad, fomentando la preservación de la cultura y costumbres de Ecuador en las nuevas generaciones. Además, proporcionó a los niños la oportunidad de aprender utilizando recursos y herramientas tecnológicas disponibles, combinando la diversión y el aprendizaje en un entorno interactivo y atractivo.

Para finalizar, esta investigación ha destacado la importancia de los videojuegos como una herramienta significativa en la formación y el aprendizaje dentro de la sociedad. Al representar culturas, tradiciones y religiones de todo el mundo de manera atractiva y estética, los videojuegos se convierten en un medio poderoso para atraer a nuevos segmentos de la población permitiéndoles experimentar y aprender sobre mitos, leyendas, historias y culturas diversas. El enfoque de esta investigación se centró en utilizar las riquezas de las leyendas de la ciudad de Riobamba para crear un videojuego que cautivara a un público infantil. Se desarrollaron escenarios y personajes con diseños caricaturescos y llenos de colores, y se crearon tres niveles o escenarios, cada uno con su propia historia, para narrar las leyendas de manera elocuente y dinámica dentro del género de los videojuegos de plataforma.

La utilización de herramientas de modelado/diseño, la optimización de recursos y la atención a los aspectos técnicos del juego se combinaron para crear un videojuego sólido y lleno de vida. El resultado es un medio que cumple con éxito el principal objetivo de la investigación: ser una fuente de diversión y aprendizaje, donde los jugadores pueden disfrutar mientras adquieren conocimientos sobre la cultura y las leyendas de Riobamba, en última instancia, formar un carácter, una personalidad, enriquecidos a través de estas historias y experiencias.

Contribución de los autores

Adrián Humberto Espíndola Garcés: Conceptualización, Metodología, Software, Análisis formal, Redacción – borrador original del artículo e Investigación. **Israel Alexander Olmedo Vargas:** Conceptualización, Metodología, Software, Análisis formal, Redacción – borrador original del artículo e Investigación. **Miryán Estela Narváez Vilema:** Supervisión, Redacción – revisión y edición del artículo.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Referencias bibliográficas

- Acerenza, N., Coppes, A., Mesa, G., Viera, A., Fernández, E., Laurenzo, T., & Vallespir, D. (2009). Una Metodología para Desarrollo de Videojuegos. En *38° JAIIO - Simposio Argentino de Ingeniería de Software (ASSE 2009)*, pp. 171-176
- Barcelona, F. d. (2020). Retro Informática. <https://www.fib.upc.edu/retro-informatica/historia/videojocs.html>
- Canto de Gante, Á. G., Sosa González, W. E., Bautista Ortega, J., Escobar Castillo, J., & Santillán Fernández, A. (2020). Escala de Likert: Una alternativa para elaborar e interpretar un instrumento de percepción social. *Revista de la alta tecnología y sociedad*, *12*(1), 38–45.
- Delgado, E. C. C., & González, I. I. C. (2014). Desarrollo de habilidades cognitivas mediante videojuegos en niños de educación básica. In *Congreso Virtual sobre Tecnología, Educación y Sociedad* (Vol. 1, No. 2).
- Gómez-Gonzalvo, F., Molina-Alventosa, P., & Devís-Devís, J. (2018). Los videojuegos como materiales curriculares: una aproximación a su uso en Educación Física. *Retos*, *34*, 305-310
- Molina, L. (2014). Informe final del Trabajo de Graduación o Titulación. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8140/1/FCHE_LEB_1318.pdf
- Navarro-Mateos, C., Pérez-López, I. J., & Femia-Marzo, P. J. (2021). La gamificación en el ámbito educativo español: revisión sistemática. *Retos*, *42*, 507-516
- Núñez-Barriopedro, E., Sanz-Gómez, Y., & Ravina-Ripoll, R.. (2020). Los videojuegos en la educación: Beneficios y perjuicios. *Revista electrónica EDUCARE*, *24*(2), 240-257
- Murillo-Sanchez, X. A., Gutierrez-Rocha, A. L., Ibanez-Illanes, A. W., Quiroz-Perez, J. A., Sahonero-Alvarez, G., & Diaz-Palacios, F. R. (2018). Implementación de la metodología SUM modificada para el desarrollo de videojuegos orientados al aprendizaje en Bolivia. In *Decimo Quinto Simp. Iberoam. en Educ. Cibern. e Informatica, Sieci 2018-Memorias* (Vol. 2, pp. 144-149).
- Jiménez-Palacios, R., & Cuenca, J. M. (2016). Análisis y experimentación del uso de videojuegos para la educación patrimonial. Estudio de caso. In *III Congreso Internacional de Educación Patrimonial* (p. 102).
- Playstation. (2020). *Playstation*. <https://www.playstation.com/esec/games/dreams/>





Visiones del Futuro Urbano: El Paradigma Teórico de las Smart Cities

Visions of the Urban Future: The Theoretical Paradigm of Smart Cities

Autores

- ✉ * Oscar Efrén Cárdenas Villavicencio
- ✉ Mariuxi Paola Zea Ordoñez
- ✉ Joofre Antonio Honores Tapia
- ✉ Freddy Stalin Lamar Peña

Carrera de Tecnologías de la Información, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.

* Autor para correspondencia

Comó citar el artículo:

Cárdenas Villavicencio, O. E., Zea Ordoñez, M. P., Honores Tapia, J. A. & Lamar Peña, F. S. (2024). Visiones del Futuro Urbano: El Paradigma Teórico de las Smart Cities. *Informática y Sistemas: Revista de Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones*, 8(1), 8–15. DOI: <https://doi.org/10.33936/isrtic.v8i1.6324>

Enviado: 09/01/2024
Aceptado: 05/03/2024
Publicado: 06/03/2024

Resumen

En el siglo XXI, el rápido surgimiento de las urbanizaciones ha dado lugar a desafíos significativos en la gestión de recursos, la sostenibilidad ambiental y la calidad de vida en las ciudades. El objetivo de la investigación fue identificar las visiones del futuro urbano con base a las publicaciones en respuesta a las Smart Cities que han surgido como una solución prometedora respaldada por avances tecnológicos. Esta revisión sistemática de la literatura se basó en el uso del método PRISMA 2020 que permite una mejor estructura de los artículos científicos publicados entre 2019 y 2023, en inglés y español, utilizando criterios de calidad y relevancia. Los resultados de la revisión sistemática de literatura, permitió identificar un crecimiento constante en el interés académico sobre ciudades inteligentes, con un aumento notable en las publicaciones desde 2019 hasta 2021, determinando que Europa lidera en la producción de literatura sobre el tema, seguida de América Latina y Asia, lo que refleja un interés global en el desarrollo de ciudades inteligentes. Los enfoques temáticos identificados en los estudios incluyen el Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente como el tema predominante, destacando la importancia de equilibrar la eficiencia y la calidad de vida con la protección ambiental. La Tecnología e Innovación son fundamentales para mejorar la eficiencia urbana, mientras que la participación ciudadana, la planificación urbana efectiva y la educación son esenciales para fomentar una mayor conciencia ambiental.

Palabras clave: Desarrollo sostenible; Innovación tecnológica; Inclusión social; Acceso a la información.

Abstract

In the 21st century, the rapid emergence of urbanization has given rise to significant challenges in resource management, environmental sustainability, and quality of life in cities. The objective of the research was to identify visions of the urban future based on publications responding to Smart Cities, which have emerged as a promising solution supported by technological advancements. This systematic literature review was based on the PRISMA 2020 method, allowing for a better structure of scientific articles published between 2019 and 2023 in both English and Spanish, using criteria of quality and relevance. The results of the systematic literature review identified a steady growth in academic interest in smart cities, with a notable increase in publications from 2019 to 2021. Europe was determined to be the leader in literature production on the topic, followed by Latin America and Asia, reflecting a global interest in the development of smart cities. Thematic focuses identified in the studies include Sustainable Development and Environment as the predominant theme, emphasizing the importance of balancing efficiency and quality of life with environmental protection. Technology and Innovation are crucial for improving urban efficiency, while citizen participation, effective urban planning, and education are essential for fostering greater environmental awareness.

Keywords: Sustainable development; Scientific innovations; Social inclusion; Access to information.



1. Introducción

En el amanecer del siglo XXI, el panorama mundial ha sido testigo de una urbanización sin precedentes, una era en la que más de la mitad de la población global reside en áreas urbanas. Este fenómeno de urbanización acelerada ha introducido retos significativos en lo que respecta a la gestión de recursos, la sostenibilidad ambiental y la calidad de vida en entornos urbanos. Ante esta realidad, emerge la concepción de las “ciudades inteligentes” como un paradigma innovador y prometedor para enfrentar dichos desafíos. Según Delgado Fernández & Delgado Fernández (2023), las ciudades inteligentes, apoyadas por avances tecnológicos de vanguardia, se proyectan como catalizadores de transformación en nuestro comportamiento medioambiental y social, con el potencial de mejorar significativamente el bienestar público. A pesar de que este concepto ha ganado una notable tracción y ha sido objeto de extensa investigación académica, Villar et al. (2022) resalta que subsisten interrogantes esenciales, particularmente en el contexto de la revolución del Internet de las Cosas (IoT), una realidad que redefine continuamente la infraestructura y operatividad de las urbes.

El término “desarrollo sostenible” fue introducido por primera vez en el histórico Informe de Brundtland en 1987 por López López & Álvarez-Aros (2021), un documento que puso en primer plano las preocupaciones globales sobre la degradación ambiental y la desigualdad social. En las últimas décadas, el crecimiento exponencial de la población urbana ha exacerbado problemas complejos como la contaminación atmosférica, la escasez de recursos alimentarios y las disparidades económicas. En respuesta a estos desafíos, emerge el concepto de “ciudades inteligentes”, que propone el uso estratégico de la tecnología para realzar la calidad de vida, impulsar la sostenibilidad ambiental y optimizar la eficiencia en la prestación de servicios públicos. En este contexto, Colomé et al., 2021; C. S. Lai et al. (2020) destacan la relevancia del IoT como un elemento transformador en la concreción de estas visiones urbanas, incidiendo directamente en mejoras tangibles en áreas vitales como la salud, la seguridad y el confort de los ciudadanos.

Las ciudades inteligentes representan un enfoque revolucionario para la planificación y el desarrollo urbano, empleando las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para incrementar la eficiencia operativa y promover una sostenibilidad medioambiental integral. De acuerdo con Pinargote et al. (2022), una ciudad se califica como “inteligente” cuando dispone de recursos humanos y sociales de alta calidad y se apoya en una infraestructura de comunicaciones avanzada y eficiente. Estas ciudades se caracterizan por depender de infraestructuras digitales robustas, fomentar la movilidad sostenible, gestionar con

eficiencia sus recursos y estimular la participación de los ciudadanos. En este sentido, Recasens-Alsina (2020) subraya la importancia crítica de la movilidad sostenible, incluyendo la integración de sistemas de transporte público eficientes y la reducción de la dependencia del automóvil privado.

El desarrollo sostenible, por su parte, busca equilibrar la satisfacción de las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas. En este marco, el argumento a favor de las ciudades inteligentes implica la búsqueda de soluciones que no solo mejoren la eficiencia y la calidad de vida, sino que también minimicen el impacto ambiental y fomenten la inclusión social. Este balance es explorado en el análisis de Pataca Rodríguez Felix & Flores (2022) donde se examina la interacción entre tecnologías sostenibles, como las fuentes de energía renovable y la gestión inteligente de residuos, y su papel en el fortalecimiento de las ciudades inteligentes de acuerdo con Debrah et al. (2021).

Con este estudio, el objetivo primordial es identificar y examinar a fondo el interés investigativo en el desarrollo urbano orientado a las Smart Cities. Se propone el dar a conocer de una visión clara y bien fundamentada sobre cómo las ciudades del futuro pueden ser más limpias, sostenibles y resilientes, alineándose con los principios del desarrollo sostenible y aprovechando las oportunidades que ofrecen las nuevas tecnologías.

2. Materiales y Métodos

Este artículo fue una revisión que empleó el enfoque Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) en diversas literaturas, priorizando la precisión en los informes de revisiones sistemáticas realizadas por Hutton et al. (2016).

Se seleccionó artículos de investigación que abordaron el tema

Tabla 1. Criterios de Inclusión y Exclusión.

Inclusión	Exclusión
Artículos publicados entre 2019 y 2023	Libros
Artículos en español e inglés	Tesis
Artículos con acceso gratuito	Artículos fuera del periodo 2019-2023
Artículos encontrados en las bases de datos mencionadas	Artículos sin acceso gratuito
Artículos relevantes al tema de ciudades inteligentes	Artículos no relacionados con ciudades inteligentes

Fuente: Los autores.

de ciudades inteligentes y urbanización digital, sin delimitar zonas geográficas específicas, y que fueron publicados en el periodo de 2019 a 2023. Los idiomas utilizados para la búsqueda fueron el español, que abarcó el 41% de los artículos, y el inglés, con el 59%. Esta elección lingüística permitió un mayor alcance de información y la inclusión de perspectivas diversificadas. Se priorizaron para el análisis aquellos artículos que estuvieron directamente alineados con la pregunta de investigación y que ofrecieron acceso gratuito. Se excluyeron deliberadamente libros, tesis y textos extensos que, al ser fraccionados, podrían haber perdido su esencia y contexto. Como se observa en la Tabla 1 se detallan los criterios específicos de inclusión y exclusión.

Las fuentes de información fueron Google Academy como motor de búsqueda principal, complementando la búsqueda con bases de datos especializadas como IEEE Xplore, PubMed y ScienceDirect. Estas bases de datos fueron seleccionadas debido a su reconocida calidad y amplitud en la cobertura de literatura científica y técnica. IEEE Xplore es ampliamente conocido por su extensa colección de literatura en ingeniería y tecnología, lo que lo hace ideal para temas relacionados con ciudades inteligentes y digitalización urbana. Por su parte, PubMed es una base de datos líder en el ámbito de las ciencias de la salud, lo que permitió acceder a investigaciones que abordan la intersección entre tecnología y bienestar humano en contextos urbanos. Finalmente, ScienceDirect, con su vasta colección de artículos de diversas disciplinas, ofreció una perspectiva multidisciplinaria, enriqueciendo así la revisión con estudios de diversas áreas del conocimiento relacionadas con el tema central del artículo.

Para mejorar la búsqueda de la información y garantizar la relevancia de los resultados, se emplearon operadores booleanos, herramientas esenciales en la búsqueda avanzada de literatura científica. Las combinaciones de palabras clave utilizadas fueron las siguientes:

- “Smart Cities” AND “Urban Technology” OR “Ciudades Inteligentes” AND “Smart City” NOT “Urban Informatics”
- “Smart Cities” OR “Intelligent Cities”
- “Smart Cities” AND “Urban Technology”
- “Smart Cities” OR “Digital Cities” OR “Connected Cities”
- “Smart Cities” AND “Urban Informatics” NOT “Future Cities”

Estas combinaciones permitieron filtrar y precisar los resultados, enfocándose en artículos que abordaran específicamente las intersecciones entre ciudades inteligentes y tecnologías urbanas, excluyendo aquellos que se centraran en temáticas menos relevantes para el estudio, como “Urban Informatics” en el contexto de “Future Cities”.

Los datos extraídos de los artículos incluyeron los objetivos del estudio, metodologías, hallazgos principales y conclusiones. Estos datos se sometieron a un análisis cualitativo para identificar tendencias, discrepancias y lagunas en la literatura existente, buscando comprender la aplicación de conceptos de ciudades

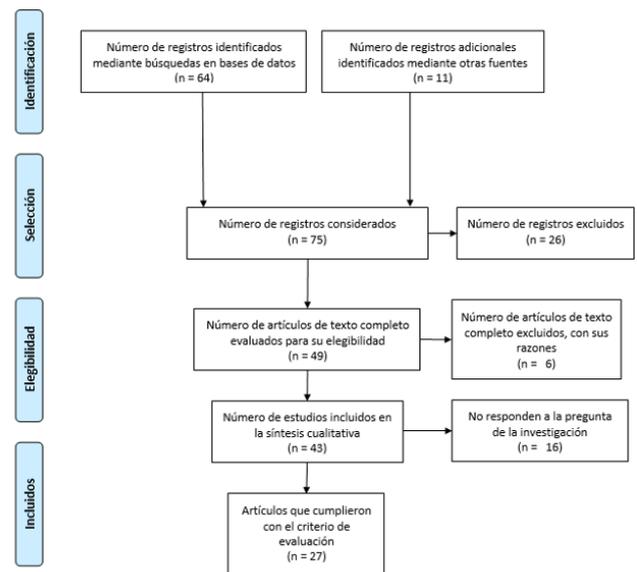


Figura 1. Proceso de inclusión de artículos según PRISMA. Fuente: Los autores.

inteligentes en el desarrollo sostenible urbano. La Figura 1 ilustra el proceso de selección de artículos siguiendo PRISMA, desde la identificación y selección inicial hasta la inclusión final de estudios en la síntesis cualitativa.

En la Figura 1, se detalla el flujo de información a través de las diferentes fases de la revisión sistemática: desde la identificación inicial de 64 registros en bases de datos y 11 registros adicionales, hasta la selección de 27 artículos que cumplieron con el criterio de evaluación y fueron incluidos en la síntesis cualitativa. Este proceso asegura que solo los estudios más relevantes y de calidad sean considerados para la revisión, permitiendo así un análisis robusto y fiable de la literatura actual en ciudades inteligentes.

3. Resultados y Discusión

Durante la fase inicial de búsqueda, se identificó un total de 75 artículos científicos distribuidos entre las diferentes bases de datos y otras fuentes: 44 de ScienceDirect, 15 de PubMed, 5 de IEEE Xplore y 11 de otras fuentes. Sin embargo, tras los procesos de sistematización y selección, se redujo el número a 27 artículos que cumplieron con los criterios de calidad y relevancia establecidos para este estudio. En la Figura 2 se muestra, 6 artículos (22%) provenían de ScienceDirect, 8 artículos (30%) de PubMed, 2 artículos (7%) de IEEE Xplore y 11 artículos (41%) de otras fuentes. Estos resultados reflejan una diversidad en las fuentes de información, asegurando una perspectiva amplia y multidisciplinaria en la revisión.

En comparación con el estudio de Adiyarta et al. (2020), quien identificó un conjunto de 43 indicadores de ciudades inteligentes

clasificados en 8 categorías, esta revisión abarca una mayor temporalidad y variabilidad de fuentes. Por otro lado, Sánchez Gracías et al. (2023) proporcionan una revisión estructurada de la

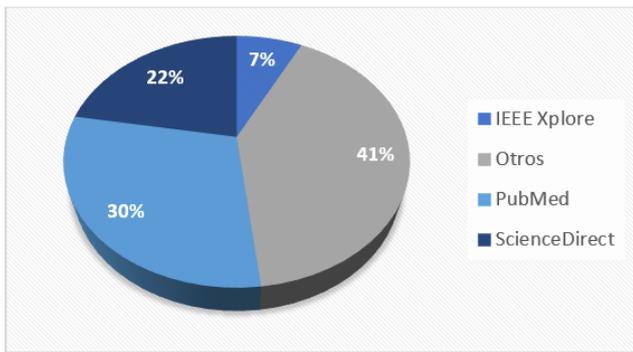


Figura 2. Distribución porcentual de artículos por Base de Datos.

Fuente: Los autores.

literatura sobre las ciudades inteligentes, resaltando las ventajas, desventajas, implementación y desafíos, lo cual complementa y expande las áreas temáticas identificadas en nuestra revisión, y pone en perspectiva la importancia de un enfoque holístico que incluya factores humanos y tecnológicos.

En la Figura 3 se muestra, claramente una tendencia ascendente en la publicación de artículos relacionados con ciudades inteligentes y tecnología urbana desde 2019 hasta 2021. A partir de 2021, aunque la producción de artículos sigue siendo alta, se observa una ligera disminución hacia 2023. Esto podría indicar un

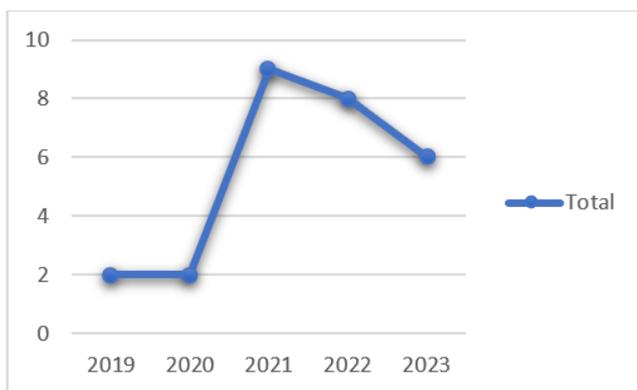


Figura 3. Número de publicación por año.

Fuente: Los autores.

pico de interés y producción académica en el tema durante el año 2021, seguido de una consolidación en los años posteriores. Es importante destacar que, a pesar de las fluctuaciones, la cantidad de publicaciones en los últimos años ha sido significativamente mayor que en 2019 y 2020, lo que refleja el creciente interés y la relevancia del tema en la comunidad científica.

En el estudio similar de Adiyarta et al. (2020), también reconocieron un aumento en la producción académica relacionada con las ciudades inteligentes, aunque su enfoque se centró más en el establecimiento de indicadores para medir la eficiencia y efectividad de estas. Los hallazgos en la investigación complementan este enfoque al señalar no solo la cantidad sino también la diversidad temática y geográfica de la producción científica, lo que sugiere un campo de estudio en expansión y con múltiples frentes de desarrollo.

Otro aspecto analizado fue la distribución geográfica de las publicaciones para identificar dónde existe un mayor interés en el tema de ciudades inteligentes. Los resultados muestran que los artículos provienen de 15 países, repartidos en 5 continentes. Europa lidera con 14 publicaciones, representando el 52% del total, seguido de América Latina y el Caribe con 6 publicaciones (22%), Asia y América del Norte con 3 publicaciones cada uno (11%), y finalmente África con 1 publicación (4%). Esta distribución refleja un marcado interés y enfoque en Europa,

Tabla 2. Distribución de publicación por origen.

América Latina y Caribe (6 - 22%)		
País	Publicación	Porcentaje
Cuba	2	7%
Venezuela	1	4%
Colombia	1	4%
Ecuador	2	7%
América del Norte (3 - 11%)		
País	Publicación	Porcentaje
México	2	7%
Canadá	1	4%
Europa (14 - 52%)		
País	Publicación	Porcentaje
España	3	11%
Portugal	2	7%
Inglaterra	3	11%
Finlandia	1	4%
Italia	3	11%
Rusia	2	7%
Asia (2 - 11%)		
País	Publicación	Porcentaje
China	2	7%
Malasia	1	4%
África (4%)		
País	Publicación	Porcentaje
Marrueco	1	4%

Fuente: Los autores.

mientras que regiones como América Latina y Asia también muestran una creciente atención hacia el desarrollo de ciudades inteligentes.

Este fenómeno refleja la investigación de Adiyarta et al. (2020), que sugiere que los esfuerzos y avances en ciudades inteligentes no están uniformemente distribuidos a nivel mundial, y que hay una necesidad de investigaciones adicionales en regiones menos representadas. Además, nuestra revisión subraya la necesidad de estudios que aborden las disparidades regionales y propongan soluciones adaptadas a los diferentes contextos socioeconómicos y culturales.

En la Tabla 2 se muestra la distribución de publicaciones por país.

De los 27 artículos analizados, se ha categorizado la información en cinco áreas principales que reflejan las tendencias y enfoques predominantes en la literatura sobre ciudades inteligentes. En primer lugar, el “Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente” es el tema más destacado, abordado en 13 artículos, lo que representa el 48% del total. Esto subraya la importancia de la sostenibilidad y la protección medioambiental en el contexto de las ciudades inteligentes. En segundo lugar, la “Tecnología e Innovación” se menciona en 8 artículos, constituyendo el 30% del total, lo que refleja la esencia tecnológica y la necesidad de innovación en la construcción y gestión de ciudades más inteligentes y eficientes.

Las categorías de “Gobernanza y Participación Ciudadana”, “Gestión y Planificación Urbana” y “Educación y Conciencia Ambiental” se presentan en 2 artículos cada una, representando el 7% respectivamente. Estas categorías enfatizan la importancia de la participación de los ciudadanos, una planificación urbana efectiva y la educación como herramienta para fomentar una mayor conciencia ambiental en el contexto de las ciudades inteligentes.

Así mismo, la revisión estructurada de la literatura realizada por Sánchez Gracias et al. (2023) complementa los hallazgos, destacando la variedad de definiciones y aplicaciones que abarcan los conceptos de ciudades inteligentes. Esta revisión también resalta la importancia de abordar desafíos como la privacidad de datos y la necesidad de colaboración entre los sectores privado, público y gubernamental para la implementación efectiva de soluciones de ciudades inteligentes, lo que es consistente con los temas de “Gobernanza y Participación Ciudadana” identificados en nuestro estudio.

Estos resultados muestran una clara inclinación hacia la integración de la sostenibilidad, la tecnología y la participación ciudadana en la visión y planificación de las ciudades del futuro. A continuación, en la Figura 4 se da una representación gráfica de lo mencionado.

El desarrollo sostenible en el ámbito urbano ha cobrado una relevancia significativa en la literatura científica reciente. Durante la fase inicial de búsqueda, se identificaron 75 artículos científicos de diversas fuentes, pero solo 27 de ellos cumplían

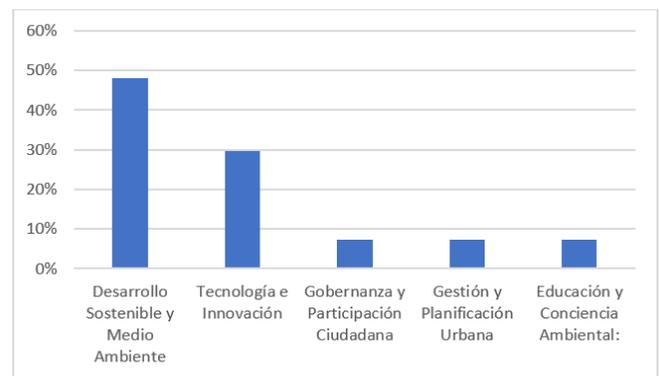


Figura 4. Porcentual de Factores de Desarrollo.

Fuente: Los autores.

con los criterios de calidad y relevancia para este estudio, dicha selección refleja una diversidad en las fuentes de información, proporcionando una perspectiva amplia y multidisciplinaria en la revisión realizada por Marchesani et al. (2023); Margherita et al. (2023); Mora et al. (2023). Una tendencia notable es el aumento en la publicación de artículos relacionados con ciudades inteligentes y tecnología urbana desde 2019 hasta 2021, con un pico en 2021 seguido de una ligera disminución hacia 2023, tal como lo indica C. M. T. Lai & Cole (2022).

Geográficamente, Europa lidera en la producción de literatura sobre ciudades inteligentes, seguido de América Latina y el Caribe, Asia, América del Norte y África. Bolgova et al. (2022) menciona, que esta distribución geográfica refleja un marcado interés en Europa, pero también destaca la creciente atención en regiones como América Latina y Asia hacia el desarrollo de ciudades inteligentes, al analizar el contenido de los 27 artículos seleccionados, se identificaron cinco áreas principales de enfoque, el “Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente” es el tema más predominante, lo que subraya la importancia de la sostenibilidad en el contexto de las ciudades inteligentes de acuerdo con Margherita et al. (2023).

Según Bolgova et al. (2022), la “Tecnología e Innovación”, también es esencial para reflejar la naturaleza tecnológica y la necesidad de innovación en la construcción y gestión de ciudades más inteligentes y eficientes. Así mismo, C. M. T. Lai & Cole (2022); Mora et al. (2023) enfatiza lo crucial que son las categorías de “Gobernanza y Participación Ciudadana”, “Gestión y Planificación Urbana” y “Educación y Conciencia Ambiental”, además de la participación ciudadana, una planificación urbana efectiva y la educación para fomentar una mayor conciencia ambiental.

Para futuras investigaciones, se recomienda un enfoque más profundo en el impacto de la tecnología de ciudades inteligentes en la sostenibilidad ambiental, así como en el bienestar social y económico de los ciudadanos. Además, sería valioso explorar cómo los diferentes contextos culturales y políticos afectan la implementación y eficacia de las estrategias de ciudades inteligentes. Esto ayudará a desarrollar un entendimiento más completo de las ciudades inteligentes como un fenómeno global con manifestaciones locales únicas.

4. Conclusiones

Esta revisión sistemática de la literatura sobre ciudades inteligentes y desarrollo sostenible revela importantes hallazgos respaldados por los datos obtenidos en el proceso de investigación. El siglo XXI se ha caracterizado por una urbanización acelerada y las ciudades inteligentes emergen como una propuesta prometedora para abordar desafíos cruciales en términos de gestión de recursos, sostenibilidad ambiental y calidad de vida urbana.

La revisión sugiere un aumento significativo en el interés académico en el tema, con una tendencia hacia la producción de artículos relacionados con ciudades inteligentes y tecnología urbana de 2019 a 2021. Además, un análisis de la distribución geográfica de las publicaciones muestra que Europa lidera en términos de cantidad de investigación, seguida de cerca por América Latina y Asia, lo que refleja una creciente atención global hacia el desarrollo de ciudades inteligentes. En cuanto a los enfoques temáticos de los estudios analizados, el desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente son un tema central y predominante.

Destaca la importancia de abordar la sostenibilidad en el contexto de las ciudades inteligentes, buscando soluciones que equilibren la eficiencia y la calidad de vida minimizando el impacto ambiental. Finalmente, la revisión identifica que la tecnología y la innovación son esenciales en la construcción y gestión de ciudades inteligentes, subrayando la necesidad de adoptar avances tecnológicos para mejorar la eficiencia y la calidad de los servicios urbanos. Además, destaca la relevancia de la participación ciudadana, la planificación urbana efectiva y la educación para promover una mayor conciencia ambiental dentro de las ciudades inteligentes.

Contribución de los autores

Oscar Efrén Cárdenas Villavicencio: Administración del proyecto, Redacción-borrador. **Mariuxi Paola Zea Ordoñez:** Conceptualización, Investigación. **Joofre Antonio Honores Tapia:** Metodología, revisión y edición del artículo. **Freddy Stalin Lamar Peña:** Investigación, Redacción-revisión.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Anexo

A.1. Tabla de Artículos con cadenas de búsqueda

ID	Autor(es)	Título	Revista/Conferencia	Año	DOI
1	Adiyarta, K., Napitupulu, D., Syafrullah, M.,...	Analysis of smart city indicators based on prisma: Systematic review	IOP Conference Series: Materials Science & Engineering	2020	10.1088/1757-899X/725/1/012113
2	Bolgova, E., Koroleva, E., & Bolgov, S.	Smart transport in a smart city: European and Russian development management track	Transportation Research Procedia	2022	10.1016/j.trpro.2022.06.081
3	Colomé, A. L. P., Calderón, C. A., & Fernánde...	Procedimiento para la implementación de la computación en la niebla en ciudades inteligentes	Revista Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones	2021	http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282021000100045
4	Debrah, J. K., Vidal, D. G., & Dinis, M. A. P.	Raising Awareness on Solid Waste Management through Formal Education for Sustainability: A Developing Countries Evidence Review	Recycling	2021	10.3390/recycling6010006
5	Delgado Fernández, M., & Delgado Fernández, T.	Sistematización sobre ciudades inteligentes con énfasis en ecosistemas de innovación para la creación de valor público	Innovar	2023	10.15446/innovar.v33n89.107038
6	Hutton, B., Catalá-López, F., & Moher, D.	The PRISMA statement extension for systematic reviews incorporating network meta-analysis: PRISMA-NMA	Medicina Clínica (English Edition)	2016	10.1016/j.medcle.2016.10.003
7	Lai, C. M. T., & Cole, A.	Levels of Public Trust as the driver of Citizens' Perceptions of Smart Cities: The Case of Hong Kong	Procedia Computer Science	2022	10.1016/j.procs.2022.09.250

8	Lai, C. S., Jia, Y., Dong, Z., Wang, D., Tao,...	A Review of Technical Standards for Smart Cities	Clean Technologies	2020	10.3390/cleantechnol2030019
9	López López, É. A., & Álvarez-Aros, É. L.	Strategy in smart cities and social inclusion of the elderly	PAAKAT: Revista de Tecnología y Sociedad	2021	10.32870/Pk.a11n20.543
10	Marchesani, F., Masciarelli, F., & Bikfalvi, A.	Smart city as a hub for talent and innovative companies: Exploring the (dis) advantages of digital technology implementation in cities	Technological Forecasting and Social Change	2023	10.1016/j.techfore.2023.122636
11	Margherita, E. G., Escobar, S. D., Esposito, G...	Exploring the potential impact of smart urban technologies on urban sustainability using structural topic modelling: Evidence from Belgium	Cities	2023	10.1016/j.cities.2023.104475
12	Mora, L., Gerli, P., Ardito, L., & Messeni Pe...	Smart city governance from an innovation management perspective: Theoretical framing, review of current practices, and future research agenda	Technovation	2023	10.1016/j.technovation.2023.102717
13	Pataca Rodríguez Felix, F., & Flores, E.	Desarrollo sostenible desde la educación ambiental en Latinoamérica: Una revisión sistemática	Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar	2022	10.37811/cl_rcm.v6i3.2348
14	Pinargote, O. S. B., Cruzatty, J. E. Á., Zamb...	Systematic literature review on radio spectrum in 5G network coverage and its contribution to the development of smart cities	RECIAMUC	2022	10.26820/reciamuc/6.(4).octubre.2022.169-182
15	Recasens-Alsina, M.	Desafíos para una movilidad sostenible: Barcelona	Ciudad y Territorio Estudios Territoriales	2020	10.37230/CyTET.2020.204.05
16	Sánchez Gracias, J. S., Parnell, G. S., Speck...	Smart Cities—A Structured Literature Review	Smart Cities	2023	10.3390/smartcities6040080
17	Villar, S., Castillo, K. M., Castellón, J. T....	Key factors for the success of smart and sustainable cities: A systematic review of the literature	-	2022	10.26620/uniminuto.inventum.17.33.2022.44-54

Referencias bibliográficas

- Adiyarta, K., Napitupulu, D., Syafrullah, M., Mahdiana, D., & Rusdah, R. (2020). Analysis of smart city indicators based on prisma: Systematic review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 725(1), 012113. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/725/1/012113>
- Bolgova, E., Koroleva, E., & Bolgov, S. (2022). Smart transport in a smart city: European and Russian development management track. *Transportation Research Procedia*, 63, 844–852. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.081>
- Colomé, A. L. P., Calderón, C. A., & Fernández, T. D. (2021). Procedimiento para la implementación de la computación en la niebla en ciudades inteligentes. *Revista Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 42, 45–57.
- Debrah, J. K., Vidal, D. G., & Dinis, M. A. P. (2021). Raising Awareness on Solid Waste Management through Formal Education for Sustainability: A Developing Countries Evidence Review. *Recycling*, 6(1), 6. <https://doi.org/10.3390/recycling6010006>
- Delgado Fernández, M., & Delgado Fernández, T. (2023). Sistematización sobre ciudades inteligentes con énfasis en ecosistemas de innovación para la creación de valor

público. *Innovar*, 33(89). <https://doi.org/10.15446/innovar.v33n89.107038>

- Hutton, B., Catalá-López, F., & Moher, D. (2016). The PRISMA statement extension for systematic reviews incorporating network meta-analysis: PRISMA-NMA. *Medicina Clínica (English Edition)*, 147(6), 262–266. <https://doi.org/10.1016/j.medcle.2016.10.003>
- Lai, C. M. T., & Cole, A. (2022). Levels of Public Trust as the driver of Citizens' Perceptions of Smart Cities: The Case of Hong Kong. *Procedia Computer Science*, 207, 1919–1926. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.09.250>
- Lai, C. S., Jia, Y., Dong, Z., Wang, D., Tao, Y., Lai, Q. H., Wong, R. T. K., Zobaa, A. F., Wu, R., & Lai, L. L. (2020). A Review of Technical Standards for Smart Cities. *Clean Technologies*, 2(3), 290–310. <https://doi.org/10.3390/cleantechnol2030019>
- López López, É. A., & Álvarez-Aros, É. L. (2021). Strategy in smart cities and social inclusion of the elderly. *PAAKAT: Revista de Tecnología y Sociedad*, 11(20), 1–29. <https://doi.org/10.32870/Pk.a11n20.543>
- Marchesani, F., Masciarelli, F., & Bikfalvi, A. (2023). Smart city as a hub for talent and innovative companies:





Exploring the (dis) advantages of digital technology implementation in cities. *Technological Forecasting and Social Change*, 193, 122636. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122636>

Margherita, E. G., Escobar, S. D., Esposito, G., & Crutzen, N. (2023). Exploring the potential impact of smart urban technologies on urban sustainability using structural topic modelling: Evidence from Belgium. *Cities*, 141, 104475. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104475>

Mora, L., Gerli, P., Ardito, L., & Messeni Petruzzelli, A. (2023). Smart city governance from an innovation management perspective: Theoretical framing, review of current practices, and future research agenda. *Technovation*, 123, 102717. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102717>

Pataca Rodríguez Felix, F., & Flores, E. (2022). Desarrollo sostenible desde la educación ambiental en Latinoamérica: Una revisión sistemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(3), 1981–2000. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i3.2348

[org/10.37811/cl_rcm.v6i3.2348](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i3.2348)

Pinargote, O. S. B., Cruzatty, J. E. Á., Zambrano, M. M. T., & Zúñiga, K. M. (2022). Systematic literature review on radio spectrum in 5G network coverage and its contribution to the development of smart cities. *RECIAMUC*, 6, 169–182. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.\(4\).octubre.2022.169-182](https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(4).octubre.2022.169-182)

Recasens-Alsina, M. (2020). Desafíos para una movilidad sostenible: Barcelona. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, 52(204), Article 204. <https://doi.org/10.37230/CyTET.2020.204.05>

Sánchez Gracias, J. S., Parnell, G. S., Specking, E., Pohl, E. A., & Buchanan, R. (2023). Smart Cities—A Structured Literature Review. *Smart Cities*, 6(4), 1719–1743. <https://doi.org/10.3390/smartcities6040080>

Villar, S., Castillo, K. M., Castellón, J. T., & Coronado, K. J. (2022). *Key factors for the success of smart and sustainable cities: A systematic review of the literature*. 17(33), 44–54. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.17.33.2022.44-54>



Evaluación comparativa de herramientas tecnológicas basadas en Inteligencia Artificial para el monitoreo de enfermedades

Comparative evaluation of technological tools based on Artificial Intelligence for disease monitoring.

Autores

- ✉ *Oscar Efrén Cárdenas Villavicencio
- ✉ Milton Rafael Valarezo Pardo
- ✉ Freddy Aníbal Jumbo Castillo
- ✉ Juan Andrés Jaramillo Barreiro

Carrera de Tecnologías de la Información, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.

* Autor para correspondencia

Comó citar el artículo:

Cárdenas Villavicencio, O. E., Valarezo Pardo, M. R., Jumbo Castillo, F. A. & Jaramillo Barreiro, J. A. (2024). Evaluación Comparativa de Herramientas Tecnológicas Basadas en Inteligencia Artificial para el Monitoreo de Enfermedades. *Informática y Sistemas: Revista de Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones*, 8(1), 16–26. DOI: <https://doi.org/10.33936/isrtic.v8i1.6325>

Enviado: 09/01/2024

Aceptado: 05/03/2024

Publicado: 06/03/2024

Resumen

La atención médica está experimentando una revolución sin precedentes gracias a los avances en informática, inteligencia artificial (IA) y telemedicina. En este contexto, los chatbots se han convertido en herramientas innovadoras que transforman las prácticas médicas tradicionales al ofrecer atención personalizada y orientación instantánea. Esto desafía el enfoque convencional de seguimiento de enfermedades, que solía depender históricamente de visitas médicas programadas y recopilación manual de datos. Este estudio se enfoca en evaluar comparativamente las herramientas tecnológicas basadas en IA diseñadas para el monitoreo de enfermedades. Adoptando el método PRISMA 2020, se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura y estudios pertinentes. Este enfoque metodológico permitió un análisis preciso de la eficacia, exactitud y viabilidad de chatbots específicos como GYANT, Babylon Health, EDAChatbot, Med-PaLM, Symptomate y Buoy Health. Los resultados obtenidos revelan el impacto positivo que estas tecnologías tienen en la mejora de la atención médica. Además, ofrecen una guía sólida para su desarrollo y adopción futura. Es fundamental destacar que la implementación de estas tecnologías debe llevarse a cabo sin descuidar principios éticos fundamentales, como la protección de la privacidad y la autonomía del paciente. En cuanto a los hallazgos específicos, se encontró que los chatbots EDAChatbot, Buoy Health y Symptomate sobresalen en varios aspectos críticos. Estos incluyen: respuestas rápidas e instantáneas, interfaz amigable y sencilla, adaptabilidad Lingüística, integración con Registros Médicos Electrónicos (EMR) y seguridad de Datos, garantizando la confidencialidad y protección de la información del paciente.

Palabras Claves: Salud, Tecnología, Inteligencia artificial, Enfermedad, Paciente.

Abstract

Healthcare is undergoing an unprecedented revolution thanks to advances in informatics, artificial intelligence (AI) and telemedicine. In this context, chatbots have become innovative tools that transform traditional medical practices by offering personalized care and instant guidance. This challenges the conventional approach to disease monitoring, which historically used to rely on scheduled medical visits and manual data collection. This study focuses on comparatively evaluating AI-based technology tools designed for disease monitoring. Adopting the PRISMA 2020 method, a comprehensive literature review and meta-analysis of relevant studies was conducted. This methodological approach enabled an accurate analysis of the efficacy, accuracy and feasibility of specific chatbots such as GYANT, Babylon Health, EDAChatbot, Med-PaLM, Symptomate and Buoy Health. The results obtained reveal the positive impact these technologies have on improving healthcare. They also provide a solid roadmap for their future development and adoption. It is essential to emphasize that the implementation of these technologies should be carried out without neglecting fundamental ethical principles, such as the protection of privacy and patient autonomy. In terms of specific findings, the EDAChatbot, Buoy Health and Symptomate chatbots were found to excel in several respects.

Keywords: Health, Technology, Artificial Intelligence, Disease, Patient



1. Introducción

Al comienzo del siglo XXI, la atención médica experimenta una transformación radical, impulsada por avances tecnológicos previamente inimaginables. La integración de la informática, la inteligencia artificial (IA) y la telemedicina marca el inicio de una era en la que la atención médica supera las barreras físicas tradicionales de clínicas y hospitales. En este contexto de cambio revolucionario, los chatbots se han posicionado como elementos fundamentales, brindando atención personalizada y asesoramiento médico inmediato, desafiando así los paradigmas establecidos en la prestación de cuidados de salud (R. Han et al., 2023).

Tradicionalmente, el monitoreo de enfermedades dependía de citas médicas programadas, pruebas de laboratorio y la recopilación manual de datos por los pacientes, prácticas que, a pesar de ser valiosas, presentan limitaciones considerables. Los intervalos prolongados entre visitas médicas pueden impedir la identificación temprana de cambios en el estado de salud, y la recopilación manual de datos a menudo resulta en información fragmentada y propensa a errores. Los chatbots ofrecen una alternativa avanzada, proporcionando un seguimiento constante y personalizado que supera estas limitaciones (Omarov et al., 2022).

La IA, que constituye el núcleo de los chatbots, ha logrado un nivel de desarrollo sin precedentes. Modelos como GPT-3 han evidenciado una habilidad extraordinaria para comprender y generar lenguaje natural, facilitando interacciones efectivas y coherentes entre humanos y máquinas. Esta capacidad es especialmente valiosa en el contexto de la atención médica, donde la precisión y claridad de la comunicación son cruciales (Imran et al., 2023).

El propósito de este artículo es llevar a cabo una evaluación comparativa rigurosa de herramientas tecnológicas impulsadas por Inteligencia Artificial, centradas específicamente en chatbots, para el monitoreo de enfermedades. Este estudio busca analizar de manera exhaustiva el impacto y la contribución de los chatbots en la transformación y mejora de la atención médica contemporánea, enfocándose en cómo estas herramientas tecnológicas pueden elevar la calidad de los cuidados de salud y fortalecer la autonomía del paciente. Mediante un análisis detallado de literatura científica reciente y utilizando el método PRISMA 2020 para una revisión de la literatura preliminar, este trabajo evaluará las funcionalidades de los chatbots médicos considerando aspectos críticos como la rapidez de respuesta, usabilidad, adaptabilidad lingüística, integración con sistemas de registros médicos electrónicos y la implementación de medidas para la protección de la privacidad de los datos. El estudio enfatiza el potencial de los chatbots como una intersección innovadora entre la tecnología

y la medicina, proyectando la capacidad de estas herramientas para efectuar mejoras significativas en el sistema de atención médica y en el bienestar de pacientes a nivel global (Secinaro et al., 2021).

2. Materiales y Métodos

Las revisiones de la literatura juegan un papel crucial al proporcionar una síntesis exhaustiva del conocimiento en un campo específico. Estas no solo permiten identificar áreas de investigación futuras y abordar preguntas no resueltas por estudios individuales, sino que también señalan limitaciones en la investigación primaria y contribuyen al desarrollo y evaluación de teorías. Dado su valor para pacientes, profesionales de la salud, investigadores y responsables de políticas de salud, es esencial que se presenten de manera transparente y exhaustiva (Page et al., 2021).

La actualización de la guía PRISMA 2020 es un recurso invaluable para este fin, mejorando los estándares establecidos por PRISMA 2009 para reflejar avances recientes en metodología y tecnología. Esto es fundamental para el progreso continuo en la práctica de las revisiones de las literaturas (Page et al., 2021).

Para esta investigación, se seleccionaron etapas específicas del método PRISMA 2020, basándose en criterios derivados de una revisión bibliográfica exhaustiva. Esta selección se ilustra en la siguiente figura:



Figura 1. Etapas seleccionadas del método PRISMA 2020.

Fuente: Los autores.

A continua se describe cada una de las etapas de la metodología:

Definición de Problema

En el entorno de la atención médica, el monitoreo efectivo de enfermedades se ha convertido en un pilar fundamental para proporcionar tratamientos precisos y mejorar la calidad de vida de los pacientes. Sin embargo, la diversidad de herramientas tecnológicas disponibles para llevar a cabo dicho monitoreo plantea un desafío significativo. El problema central que

aborda esta investigación es la identificación de cuál de estas herramientas tecnológicas, en particular los chatbots, ofrece la solución más eficaz y adecuada para el monitoreo de enfermedades. Este problema se desglosa en una serie de interrogantes fundamentales:

- ¿Cuál es el potencial de los chatbots en comparación con otras herramientas tecnológicas utilizadas para el monitoreo de enfermedades?
- ¿Cuál es la eficacia de los chatbots en el monitoreo continuo de enfermedades en relación con los métodos de monitoreo tradicionales?

En la Figura 2, se aprecia cada uno de los procesos anteriormente descritos.

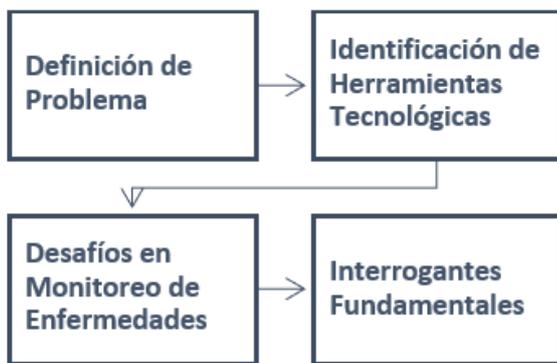


Figura 2. Procesos de la etapa definición de problema
Fuente: Los autores.

Definición de Problema

La búsqueda de literatura relevante para esta investigación se llevó a cabo mediante una estrategia metódica y de la literatura, empleando varias bases de datos académicas y científicas de renombre, incluidas PubMed, Embase y la Cochrane Library. Esta estrategia fue diseñada para garantizar una cobertura exhaustiva del cuerpo de conocimiento existente en áreas clave relacionadas con nuestro tema de estudio. Para maximizar la precisión y efectividad de nuestra búsqueda bibliográfica, adoptamos un enfoque estratégico en la selección de términos clave como “chatbots”, “herramientas tecnológicas para el monitoreo de enfermedades” y “eficacia de los chatbots en la atención médica”, junto con términos relacionados, tal como se puede apreciar en la Figura 3. Esta selección, cuidadosamente



Figura 3. Procesos de la etapa búsqueda de literatura
Fuente: Los autores.

curada, se fundamentó en su relevancia específica para el propósito de nuestra investigación y su capacidad para abarcar una amplia gama de literatura significativa. Este método asegura una cobertura exhaustiva del tema, permitiéndonos acceder a un espectro amplio de conocimientos y perspectivas relevantes al ámbito de estudio.

Las bases de datos científicas citadas fueron cuidadosamente seleccionadas debido a que estas plataformas cuentan con una cobertura amplia en temas de la salud, ofreciendo una selección de estudios relacionados con el tema en cuestión. Además es importante recalcar que dichas bases de datos científicas son reconocidas por su confiabilidad y reputación en la catalogación de literatura científica revisada por pares en el ámbito biomédico

En el proceso de revisión, dimos prioridad a los estudios publicados en revistas sujetas a revisión por pares y con el fin de garantizar la inclusión de estudios relevantes y actualizados, la búsqueda de la literatura se llevó a cabo desde enero/2019 - diciembre/2023, reflejando nuestro compromiso con la calidad y la actualidad de la información. Este enfoque selectivo es fundamental en un campo tan dinámico como el de las tecnologías digitales y los chatbots en la salud, donde la evolución constante exige una actualización continua de conocimientos. Tal metodología nos permite fundamentar nuestras conclusiones en la evidencia más confiable y pertinente, garantizando que nuestra investigación se mantenga a la vanguardia de los avances científicos y tecnológicos.

Para llevar a cabo la revisión, se realizó una exhaustiva búsqueda bibliográfica en bases de datos especializadas y motores de búsqueda académicos. La cadena de búsqueda se diseñó considerando términos clave relacionados con la inteligencia artificial, el monitoreo de enfermedades, herramientas de salud digital y la privacidad de los datos del paciente. Se emplearon los siguientes operadores booleanos específicos para optimizar la búsqueda:

• **Términos relacionados con la inteligencia artificial y la salud:** “inteligencia artificial” OR “IA” OR “chatbots” OR “herramientas tecnológicas”

• **Términos relacionados con el monitoreo de enfermedades y la telemedicina:** “monitoreo de enfermedades” OR “seguimiento de enfermedades” OR “diagnóstico médico” OR “autodiagnóstico” OR “telemedicina” OR “salud digital”

• **Nombres de algunas herramientas y plataformas de salud digital conocidas:** “GYANT” OR “Babylon Health” OR “EDAChatbot” OR “Med-PaLM” OR “Symptomate” OR “Buoy Health”

• **Aspectos éticos y de privacidad relacionados con la tecnología médica:** “privacidad” OR “seguridad de datos” OR “protección de datos” OR “autonomía del paciente” OR “principios éticos”

Selección de estudio

En la Figura 4, se detalla el proceso para asegurar la relevancia y calidad de los documentos académicos incluidos en nuestra investigación.

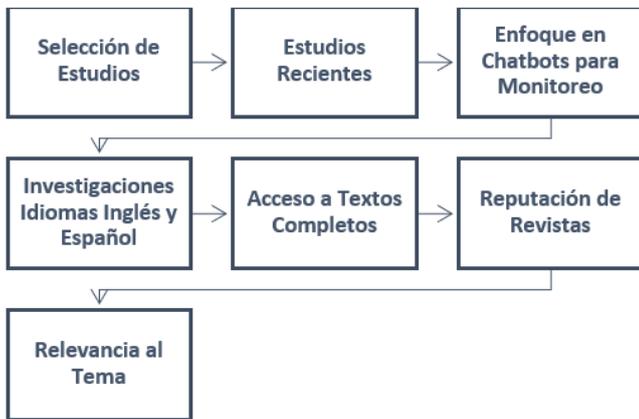


Figura 4. Procesos de la etapa selección de estudio.
Fuente: Los autores.

Así mismo, se requiere establecer un conjunto de criterios de inclusión y exclusión. Estos criterios fueron diseñados para filtrar eficazmente la literatura y seleccionar aquellos estudios que proporcionan evidencia directa y actualizada sobre la aplicación y eficacia de los chatbots en el monitoreo de la salud. Los criterios específicos incluyeron:

1. **Estudios publicados en revistas científicas revisadas por expertos:** Este criterio es primordial ya que garantiza la calidad y credibilidad de la investigación. La revisión por pares es un proceso esencial para validar la metodología, los resultados y las conclusiones de un estudio, asegurando así su fiabilidad y su aporte al cuerpo de conocimiento existente, es decir, se priorizan los estudios publicados en revistas científicas revisadas por expertos y se descartan aquellas revistas que no tengan revisión por pares.

2. **Estudios recientes (últimos 5 años):** Dada la rápida evolución de las tecnologías digitales y su aplicación en la salud, se limita la búsqueda de estudios a los últimos 5 años para priorizar investigaciones recientes que aseguran los hallazgos y conclusiones relevantes y aplicables al contexto tecnológico y médico actual. Este criterio permite centrarse en las innovaciones más recientes y sus impactos en el monitoreo de salud mediante chatbots.

3. **Trabajos enfocados directamente a la aplicación y evaluación de chatbots en tareas de monitoreo de salud:** La especificidad del enfoque del estudio es crucial para asegurar que los documentos seleccionados aporten directamente a la comprensión de cómo los chatbots pueden ser utilizados eficazmente en el monitoreo de la salud. Este criterio garantiza la relevancia directa de los estudios con respecto a los objetivos de nuestra investigación.

4. **Investigaciones en inglés y español por ser los idiomas**

con mayor producción en esta área: Aunque la inclusión de estudios en estos dos idiomas amplía el alcance de la búsqueda, este criterio se jerarquiza en último lugar debido a que la calidad y relevancia del contenido son más críticas que el idioma del estudio. No obstante, reconocer los idiomas predominantes en la producción científica del área permite abarcar una amplia gama de investigaciones relevantes.

Con el objetivo de garantizar una mayor claridad en el proceso de selección de estudios, se considera adecuado aplicar los siguientes criterios de exclusión:

1. **Disponibilidad de textos completos:** Acceder a toda la información de un estudio es de gran importancia ya que nos ayuda a revisar de manera exhaustiva. Por lo tanto, se excluirá aquellos documentos donde tengan limitada el acceso a la información o no se encuentre disponible en su totalidad.

2. **Reputación de las revistas científicas y revisión por pares:** Se excluirán los estudios que no hayan pasado por un proceso adecuado de revisión por pares o aquellos publicados en revistas científicas no indexadas. Esto garantiza la credibilidad y la calidad de la información recopilada.

3. **Estudios que no aborden el tema del estudio:** Es de gran importancia que los estudios seleccionados aborden directamente el tema de interés. Por lo tanto, se excluirán aquellos que no estén relacionados de manera significativa con el tema principal de la investigación.

Extracción de datos

Para asegurar una evaluación exhaustiva y objetiva de la eficacia de los chatbots en el ámbito de la atención médica, es crucial identificar y analizar meticulosamente un conjunto de variables clave. Estas variables no solo proporcionan una base para medir el rendimiento y la utilidad de los chatbots, sino que también ofrecen *insights* valiosos sobre áreas de mejora potencial. En la Figura 5, se muestra una optimización y argumentación de los procesos propuestos.



Figura 5. Procesos de la etapa extracción de datos
Fuente: Los autores.

• **Tiempo de Respuesta:** Esta variable es fundamental para evaluar la eficiencia operativa de un chatbot en contextos de atención médica. Un tiempo de respuesta rápido es crucial, especialmente en situaciones que requieren atención inmediata. La medición precisa del tiempo que tarda el chatbot en proporcionar respuestas a las consultas de los usuarios permite evaluar su capacidad para satisfacer las necesidades de información en tiempo real de los pacientes. La eficiencia en el tiempo de respuesta no solo mejora la experiencia del usuario sino que también puede ser un factor determinante en situaciones de emergencia.

• **Facilidad de Uso:** Esta variable evalúa la interfaz de usuario y la experiencia general al interactuar con el chatbot. Una alta facilidad de uso asegura que los pacientes y usuarios puedan navegar e interactuar con el sistema sin dificultades, lo cual es esencial para fomentar la adopción y el uso regular del chatbot. La medición de esta variable a través de encuestas de satisfacción del usuario proporciona feedback directo sobre cómo los usuarios perciben la usabilidad del chatbot y qué mejoras podrían incrementar su aceptación.

• **Adaptabilidad Lingüística:** La capacidad de un chatbot para comunicarse efectivamente en múltiples idiomas o dialectos es vital en el contexto global de la atención médica, donde la diversidad lingüística de los pacientes puede ser un desafío significativo. Esta variable no solo subraya la importancia de la inclusividad y accesibilidad, sino que también refleja la capacidad del chatbot para servir a una base de usuarios más amplia y diversa. La adaptabilidad lingüística es, por lo tanto, un indicador crítico de la versatilidad y el alcance global del chatbot.

• **Integración con Registros Médicos Electrónicos (EMR):** La capacidad de un chatbot para integrarse de manera efectiva con EMR es esencial para una atención médica coordinada y eficiente. Esta integración permite un acceso fluido a la información médica del paciente, facilitando así una atención personalizada y basada en datos. La evaluación de esta variable proporciona insights sobre cómo los chatbots pueden mejorar la coordinación entre pacientes y profesionales de la salud, optimizando el proceso de toma de decisiones clínicas.

• **Seguridad de Datos:** Dado el carácter sensible de la información de salud, la seguridad de los datos es una variable de suma importancia. Esta variable evalúa la eficacia de las medidas de seguridad implementadas para proteger la privacidad y la integridad de los datos del paciente. Una robusta seguridad de datos no solo es crucial para cumplir con las normativas legales y éticas sino que también es fundamental para mantener la confianza del usuario en el uso de chatbots para asuntos de salud.

Análisis de datos

En la sección que sigue, se realiza un análisis detallado de una selección específica de chatbots en el ámbito de la salud: GYANT, Babylon Health, EDAChatbot, Symptomate, Med-PaLM y Buoy Health, como se indica en la Figura 6. Cada uno de estos sistemas se examina en función de sus características distintivas, fundamentación tecnológica y contribuciones específicas al campo de la salud digital. Esta selección se limitó únicamente a estos chatbots debido a la búsqueda restringida en

el apartado “Búsqueda de Literatura”, lo que permitió comparar exclusivamente estos sistemas en el contexto del estudio.



Figura 6. Procesos de la etapa análisis de datos.

Fuente: Los autores.

GYANT

Fundado en 2018 por Stefan Behrens, ex ejecutivo de Google, GYANT surge como respuesta a las barreras en el acceso a la atención médica. Behrens vislumbró el potencial de la inteligencia artificial (IA) para transformar el acceso y la experiencia de atención médica. GYANT se fundamenta en un modelo de lenguaje grande (LLM), entrenado en un vasto conjunto de datos que comprende desde artículos médicos y libros de texto hasta registros médicos, permitiéndole procesar y responder a un amplio espectro de consultas de salud con precisión notable (Makasi et al., 2020).

BABYLON HEALTH

Desde su lanzamiento en el Reino Unido en 2013, Babylon Health ha marcado pauta en la provisión de servicios de salud digital, integrando plataformas de IA con operaciones clínicas virtuales. A pesar de haber alcanzado una expansión a 17 países y cubrir más de 20 millones de personas, la compañía enfrentó desafíos financieros significativos en 2023. No obstante, las operaciones en el Reino Unido fueron adquiridas por eMed Healthcare UK, asegurando la continuidad de sus servicios bajo una nueva marca. Babylon Health destaca por su uso de LLMs para facilitar consultas médicas virtuales, ofreciendo una interfaz innovadora para la interacción paciente-médico (Oliver, 2019).

EDA CHATBOT

EDAChatbot emerge como una herramienta gratuita enfocada en la detección temprana del cáncer de mama, fomentando el autocuidado y proporcionando información fiable sobre prevención y diagnóstico precoz. Este chatbot representa un avance significativo en la educación para la salud, alentando a las mujeres a adoptar prácticas de autocuidado informadas y contribuyendo a desmitificar esta enfermedad (EDA, 2016).

MED-PALM

Desarrollado a partir del modelo PaLM de Google AI, Med-PaLM es un modelo de lenguaje con aprendizaje profundo, entrenado con un compendio de texto y código médico. Su desarrollo representa un hito en la aplicación de IA en medicina, con la capacidad de interpretar y procesar información médica compleja, facilitando así la toma de decisiones clínicas basadas en evidencia (Galatzer-Levy et al., 2023).

SYMPTOMATE



Creado por un equipo de la Universidad de Varsovia bajo la dirección del Dr. Piotr Skowron, Symptomate es un chatbot de IA que emplea aprendizaje no supervisado para correlacionar síntomas con posibles enfermedades. Este enfoque innovador en el procesamiento del lenguaje natural y aprendizaje automático subraya la capacidad emergente de los chatbots para contribuir de manera significativa al diagnóstico preliminar y la orientación de los pacientes (Swick, 2021).

BUOY HEALTH

Buoy Health ofrece una herramienta de autodiagnóstico basada en IA, diseñada para guiar a los usuarios hacia la atención médica más adecuada según sus síntomas. Desarrollado con un modelo de aprendizaje automático avanzado, este chatbot se entrena con más de 10 millones de casos clínicos, abarcando una gama extensa de condiciones de salud. La precisión y el alcance de

Buoy Health ilustran el potencial de la IA para mejorar la orientación de los pacientes y optimizar el acceso a servicios de salud pertinentes (*Buoy Health, s. f.*).

3. Resultados y Discusión

En la construcción de una escala de Likert diseñada para evaluar chatbots, el objetivo principal es abordar de manera integral la eficacia y eficiencia de estos sistemas. Se han identificado cinco atributos clave para una evaluación precisa: tiempo de respuesta, facilidad de uso, adaptabilidad lingüística, integración con EMR (Registros Médicos Electrónicos) y seguridad de datos. La importancia de una respuesta rápida radica en la necesidad de que un chatbot eficiente responda ágilmente para mantener la atención del usuario. Se destaca la esencialidad de la facilidad

Tabla 1. Resumen de los parámetros comparativos de los chatbots

Chatbots	Características distintivas	Fundamentación tecnológica	Contribuciones específicas al campo de la salud digital
Gyant	Conjunto de datos que comprende desde artículos médicos y libros de texto hasta registros médicos	Modelo de lenguaje grande (LLM)	Inteligencia artificial (IA) para transformar el acceso y la experiencia de atención médica
Babylon Health	Ha marcado pauta en la provisión de servicios de salud digital	Modelo de lenguaje grande (LLM). plataformas de IA con operaciones clínicas virtuales	Ofrece una interfaz innovadora para la interacción paciente-médico
Eda Chatbot	Herramienta gratuita, fomentando el autocuidado	Procesamiento del lenguaje natural (PLN) y en sistemas de aprendizaje automático.	Enfocada en la detección temprana del cáncer de mama
Med-Palm	Capacidad de interpretar y procesar información médica compleja	Desarrollado a partir del modelo PaLM de Google AI	Permite la interpretación de datos médicos complejos contribuyendo a decisiones clínicas
Symptomate	Emplea aprendizaje no supervisado para correlacionar síntomas con posibles enfermedades	Procesamiento del lenguaje natural (PLN) y aprendizaje automático	Permitir a los usuarios autoevaluar sus síntomas y obtener información relevante sobre su salud
Buoy Health	Herramienta de autodiagnóstico	Modelo de aprendizaje automático avanzado, se entrena con más de 10 millones de casos clínicos. Procesamiento del lenguaje natural (PLN)	Guía a los usuarios hacia la atención médica más adecuada según sus síntomas

Fuente: Los autores

Tabla 2. Escala de Likert para los Chatbots.

Atributo	Escala de Likert
Tiempo de respuesta	1 = Muy lento, 2 = Lento, 3 = Medio, 4 = Rápido, 5 = Muy rápido
Facilidad de uso	1 = Muy difícil, 2 = Difícil, 3 = Medio, 4 = Fácil, 5 = Muy fácil
Adaptabilidad lingüística	1 = Muy limitado, 2 = Limitado, 3 = Medio, 4 = Amplio, 5 = Muy amplio
Integración con EMR	1 = No integrado, 2 = Parcialmente integrado, 3 = Integrado, 4 = Totalmente integrado
Seguridad de datos	1 = Muy baja, 2 = Baja, 3 = Medio, 4 = Alta, 5 = Muy alta

Fuente: Los autores

de uso para garantizar una experiencia de usuario positiva, esperando que el chatbot sea intuitivo y fácil de manejar. La adaptabilidad lingüística, considerada como un aspecto crucial, permite que el chatbot sea accesible para un público diverso, lo cual es especialmente relevante en un entorno globalizado. La integración con EMR se vuelve esencial, especialmente en el ámbito médico, facilitando la entrega de información precisa y personalizada. Finalmente, la seguridad de datos emerge como un pilar fundamental para mantener la confianza del usuario y cumplir con las regulaciones legales. Es imperativo que un chatbot garantice la seguridad integral de los datos del usuario. Cada uno de estos atributos se evalúa en una escala del 1 al 5, permitiendo así una evaluación cuantitativa exhaustiva de la eficacia de un chatbot. La escala de Likert se configura como una herramienta invaluable para los desarrolladores de chatbots, proporcionándoles la capacidad de identificar áreas de mejora y optimizar la eficacia de sus sistemas.

Según se muestra en la Tabla 3, presenta una escala de Likert para cada variable y se llevó a cabo un análisis exhaustivo de seis chatbots de salud prominentes, a saber, GYANT, Babylon Health, EDAChatbot, Med-PaLM, Symptomate y Buoy Health. Los datos recopilados durante esta evaluación se resumieron en un gráfico de columnas con el fin de proporcionar una representación visual clara de cómo estos chatbots se desempeñan en cada una de estas dimensiones clave.

En esta investigación, se analizaron 6 chatbots médicos. En base a los parámetros comparativos detallados en la Tabla 1 y el análisis gráfico de la Figura 7, tres chatbots sobresalieron, EDAChatbot, Buoy Health y Symptomate por cumplir de mejor manera criterios de versatilidad de uso, facilidad de uso y disponibilidad global. Estos hallazgos recalcan su potencial para mejorar y transformar el acceso a la atención médica en todo el mundo, brindando apoyo y orientación a personas de diversas comunidades. Estos tres chatbots destacaron como los más versátiles, dado su capacidad para realizar una amplia gama de tareas, incluyendo consultas médicas, servicio al cliente y funciones de entretenimiento. Asimismo, resultaron fáciles de usar y con acceso disponible para usuarios de todo el mundo. A continuación, se presenta una tabla comparativa de sus características:

Tiempo de respuesta

Tabla 3. Comparación de las características de los chatbots médicos según la escala de Likert.

Chatbot	Tiempo de respuesta	Facilidad de uso	Adaptabilidad lingüística	Integración con EMR	Seguridad de datos
EDAChatbot	4	4	4	4	5
Symptomate	4	4	4	4	5
Buoy Health	4	4	4	4	5

Fuente: Los autores

Para calcular el tiempo de respuesta de los 3 chatbots médicos, se les dio información de varios síntomas presentados por un paciente hipotético: dolor de cabeza, fiebre como parte de una enfermedad de menos de 3 días de evolución y con una temperatura de 37°C, intensidad del dolor de 5 en una escala del 1 al 10, sin enrojecimiento de ojos, sin dolor de garganta o problemas para oír, uso reciente de antibióticos, sin mordeduras previas de algún animal, dolores de cabeza intermitentes en los últimos 3 meses, comienzo rápido del problema actual de salud, sin cambios del dolor al moverse o por el estado de ánimo, sin dolor solo de un lado de la cabeza, y sin mencionar dolor facial o de oídos.

Se presentan tres chatbots: EDAChatbot, Symptomate y Buoy Health, lo cuales han mostrado un rendimiento notable en el

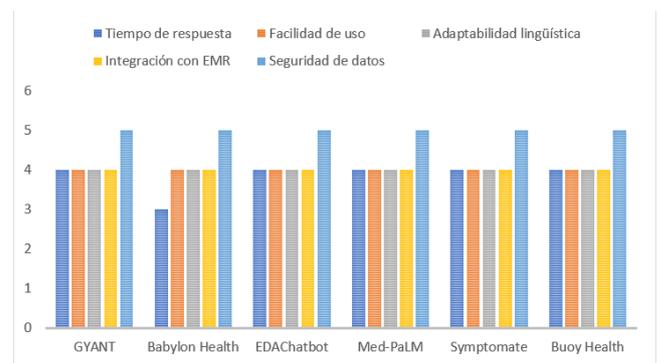


Figura 7. Importancia de las características de los chatbots médicos según la escala de Likert.

Fuente: Los autores.

proceso de interacción con los usuarios, con tiempos de respuesta promedio de 3,790 ms, 2,510 ms y 2,830 ms, respectivamente. Además, todos ellos han sido calificados con un puntaje de 4 en una escala de Likert que evalúa su desempeño. Estos chatbots utilizan tecnologías avanzadas, como el procesamiento de lenguaje natural (NLP), el aprendizaje automático y sistemas basados en reglas para proporcionar respuestas a los usuarios. A pesar de una pequeña variación los tres chatbots muestran tiempos de respuesta similares y han recibido altas calificaciones en la escala de Likert, lo que indica un rendimiento satisfactorio y ágil para atender las interacciones con los usuarios.

La mezcla de tiempos de respuesta y calificaciones altas en la escala de Likert indica que EDAChatbot, Symptomate y Buoy

Health son chatbots eficaces y confiables para que los usuarios puedan interactuar en situaciones que requieran atención médica digital. Su capacidad para ofrecer respuestas precisas los posiciona como herramientas meritorias en el ámbito de la asistencia médica virtual y el soporte de decisiones relacionadas con la salud.

Los tiempos de respuesta de los chatbots varían, aunque todos obtienen una calificación satisfactoria de 4 puntos o superior. Symptomate sobresale como el más rápido, mientras EDAChatbot y Buoy Health presentan una velocidad más moderada. En cualquier caso, estos tiempos de respuesta apropiados son importantes para satisfacer a los usuarios que priorizan obtener información médica de forma ágil.

interfaz amigable y comprensible es particularmente valiosa para aquellas personas con limitados conocimientos tecnológicos o poca experiencia previa interactuando con asistentes digitales.

La facilidad de uso de los chatbots médicos se traduce en una experiencia de usuario más satisfactoria e intuitiva. La capacidad de que el usuario pueda navegar sin mucho esfuerzo a través de las opciones, comprender las indicaciones y recibir respuestas claras contribuye significativamente a su utilidad y efectividad en el contexto de la atención médica digital.

El obtener una alta puntuación en la categoría de facilidad de uso no solo resalta la importancia de desarrollar y diseñar interfaces amigables e intuitivas en el ámbito de la salud digital, sino que también tiene un impacto positivo en las personas debido a que facilita el acceso a recursos y servicios digitales de salud de manera efectiva y eficiente.

Tabla 4. Comparación del tiempo de respuesta de tres chatbots médicos.

Chatbot	Tiempo de respuesta	Escala de likert	Tecnologías
EDAChatbot	3,790 ms	4	NLP, aprendizaje automático
Symptomate	2,510 ms	4	NLP, aprendizaje automático, sistema basado en reglas
Buoy Health	2,830 ms	4	NLP, aprendizaje automático, sistema basado en reglas

Fuente: Los autores

Facilidad de uso

Similarmente, los tres chatbots médicos alcanzan una puntuación de 4 puntos en la categoría de facilidad de uso desde la perspectiva del usuario. Dicha calificación es indicativa de que estas herramientas virtuales de salud resultan sencillas de aprender y utilizar para el público general, esta cualidad de

Adaptabilidad lingüística

En cuanto a la adaptabilidad lingüística, definida como la capacidad de funcionar en distintos idiomas, los tres chatbots también obtienen una alta puntuación de 4. Si bien no alcanzan la calificación perfecta de 5, esto demuestra su habilidad para comunicarse efectivamente independientemente del idioma utilizado por el usuario.

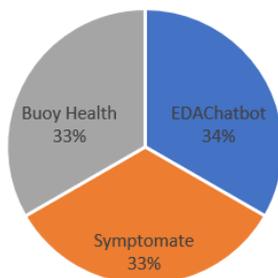


Figura 8. Importancia del tiempo de respuesta en los chatbots médicos.

Fuente: Los autores.

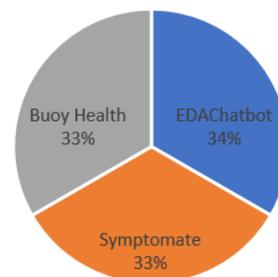


Figura 9. Facilidad de uso de los chatbots médicos.

Fuente: Los autores.

La adaptabilidad lingüística es un aspecto de gran importancia en el progreso de los chatbots, ya que permite que sean accesibles para una audiencia global diversa. Al ser capaces de comprender y responder en diferentes idiomas facilita la interacción y la comunicación fluida debido a que pueden atender las necesidades de usuarios de diversas regiones y culturas.

Integración con EMR

En el ámbito de la integración con los registros médicos electrónicos (EMR), se destaca que EDAChatbot, Symptomate y Buoy Health obtienen una calificación de 4, lo que refleja su capacidad para acceder y utilizar de manera segura los registros médicos electrónicos de los pacientes. Esta característica refleja la habilidad para acceder y emplear de manera segura a los registros médicos electrónicos de los pacientes y resulta esencial para los usuarios que necesitan acceder a información médica proporcionada por sus proveedores de atención médica. La capacidad de utilizar y acceder de forma segura a los registros médicos electrónicos también ayuda a fortalecer la confianza y de los pacientes en las plataformas de consulta médica digital.

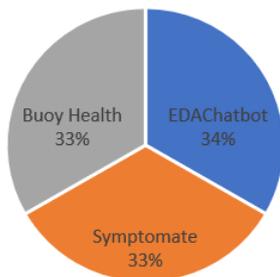


Figura 10. Adaptabilidad lingüística de los chatbots médicos.
Fuente: Los autores.

Seguridad de datos

Por último, es importante destacar que los tres chatbots obtienen la calificación máxima de 5 en seguridad de datos. Esto denota que implementan estrictas medidas de seguridad para resguardar la información personal de los usuarios, logrando así una protección completa de los datos.

Discusión

Los chatbots médicos EDAChatbot, Symptomate y Buoy Health se destacan como soluciones de alta calidad en términos de facilidad de uso, personalización del idioma, integración con registros médicos electrónicos (EMR) y seguridad de datos. Un estudio realizado en EDAChatbot mostró que este chatbot puede ser efectivo en la educación de enfermería, aumentando el interés de los estudiantes en la educación y el aprendizaje autodirigido (Nißen et al., 2022). Symptomate ha demostrado ser eficaz en proporcionar respuestas de calidad y empáticas a las preguntas de los pacientes en un foro en línea (Reardon, 2023). Buoy Health ha demostrado ser eficaz en disminuir la incertidumbre entre los pacientes y en cambiar su nivel de atención previsto después de

usar la tecnología (J.-W. Han et al., 2022).

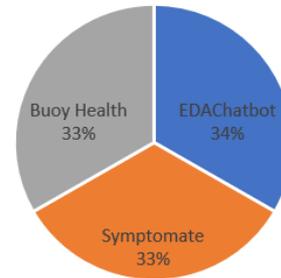


Figura 11. Integración con EMR de los chatbots médicos.
Fuente: Los autores.

Sin embargo, se observan notables discrepancias en sus tiempos de respuesta. Symptomate se destaca como el líder en velocidad, con un tiempo promedio de respuesta de 2510 ms, mientras que EDAChatbot y Buoy Health muestran tiempos de respuesta más prolongados, registrando 3790 ms y 2830 ms, respectivamente. Estos hallazgos son consistentes con la literatura existente que sugiere que los tiempos de respuesta pueden variar significativamente entre diferentes chatbots. Estas variaciones en los tiempos de respuesta tienen el potencial de impactar la satisfacción del usuario, especialmente en situaciones médicas críticas. Por lo tanto, es esencial priorizar la mejora de los tiempos de respuesta en futuras iteraciones de estos chatbots, sin comprometer la excelencia en las otras dimensiones mencionadas anteriormente.

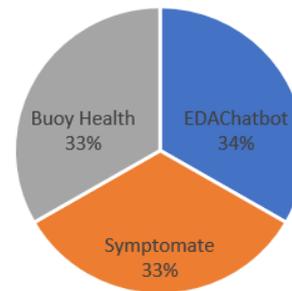


Figura 12. Seguridad de datos de los chatbots médicos.
Fuente: Los autores.

4. Conclusiones

En general, EDAChatbot, Symptomate y Buoy Health son chatbots médicos de alta calidad que ofrecen características y rendimiento similares. Si bien estos sistemas han demostrado ser eficaces en términos de tiempo de respuesta, facilidad de uso, capacidad de adaptación a varios idiomas y su integración con EMR, además de garantizar un alto nivel de seguridad de datos, es importante destacar que, a pesar de que los chatbots obtuvieron una calificación promedio de 4 en las demás

dimensiones, existe una variación significativa en sus tiempos de respuesta, planteando una preocupación sobre la experiencia del usuario. Symptomate se destaca como el chatbot más rápido, con un tiempo promedio de respuesta de 2,510 ms, mientras que EDAChatbot y Buoy Health presentan tiempos de respuesta de 3,790 ms y 2,830 ms, respectivamente.

Esta discrepancia en los tiempos de respuesta podría tener un impacto significativo, especialmente en situaciones médicas donde la rapidez y la precisión de la información son esenciales. Aunque los chatbots pueden ser altamente efectivos en otras áreas, la lentitud en el tiempo de respuesta podría influir en la satisfacción del usuario y, posiblemente, en la confianza en la herramienta.

Los tres chatbots utilizan tecnologías de procesamiento de lenguaje natural (NLP) y aprendizaje automático, permitiendo la comprensión y el procesamiento de las consultas de los usuarios de manera más precisa. Symptomate se destaca debido a que utiliza un sistema basado en reglas, mientras que Buoy Health incluye una revisión de expertos médicos, lo que significa que, además de las capacidades NLP y aprendizaje automático cuenta con una validación de profesionales médicos, garantizando una mejor confiabilidad y precisión en las respuestas.

Por lo tanto, la tecnología cada vez cuenta con un papel más importante en el contexto de la atención médica digital, debido a que el tiempo de respuesta en los chatbot se considera como un factor crítico, el cual influye en la eficacia del sistema y en la experiencia del usuario, se debe considerar en futuras evaluaciones y desarrollos de estos chatbots de salud digital, es esencial abordar y priorizar la mejora en el tiempo de respuesta, esto garantizará que la experiencia del usuario sea lo más eficiente y satisfactoria posible. Además, se debe equilibrar esta mejora con el mantenimiento de altos estándares en las otras dimensiones mencionadas, asegurando así una solución integral y efectiva en el campo de la atención médica digital, es decir, que al mejorar los tiempos de respuestas, la integridad y calidad que ofrecen actualmente los chatbots no se vean comprometidos.

Contribución de los autores

Oscar Efrén Cárdenas Villavicencio: Administración del proyecto, Investigación, Redacción-borrador. **Milton Rafael Valarezo Pardo:** Conceptualización, Investigación, revisión y edición del artículo. **Freddy Aníbal Jumbo Castillo:** Metodología, revisión y edición del artículo. **Juan Andrés Jaramillo Barreiro:** Investigación, Redacción-borrador.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Referencias bibliográficas

- Altamimi, I. A. (2023). Artificial Intelligence (AI) Chatbots in Medicine: A Supplement, Not a Substitute. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.40922>
- Amisha, Malik, P., Pathania, M., & Rathaur, V. (2019). Overview of artificial intelligence in medicine. *Journal of Family Medicine and Primary Care*. https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_440_19
- Aranibar, E., Salinas, F., & Seguil, N. (2023). Exploring trends in the public sphere: scientometrics and systematic review. *Universitas XXI*. <https://doi.org/10.17163/uni.n39.2023.05>
- Ćirković, A. (2020). Evaluation of Four Artificial Intelligence-Assisted Self-Diagnosis Apps on Three Diagnoses: Two-Year Follow-Up Study. *J Med Internet Res*. <https://doi.org/10.2196/18097>
- Curioso, W., & Brunette, M. (2020). Inteligencia artificial e innovación para optimizar el proceso de diagnóstico de la tuberculosis. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2020.373.5585>
- Galatzer-Levy, I., McDuff, D., Natarajan, V., Karthikesalingam, A., & Malgaroli, M. (2023). The Capability of Large Language Models to Measure Psychiatric Functioning. *arXiv preprint*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.01834>
- Galvani, A., Parpia, A., Foster, E., Singer, B., & Fitzpatrick, M. (2020). Improving the prognosis of health care in the USA. *Lancet*. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)33019-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)33019-3)
- García, J. (2016). Applications of Data Mining (DM) in Science and Engineering: State of the art and perspectives. *arxiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1609.05401>
- Goktas, P., Karakaya, G., Kalyoncu, A., & Damadoglu, E. (2023). Artificial Intelligence Chatbots in Allergy and Immunology Practice: Where Have We Been and Where Are We Going? *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2023.05.042>
- Guizado, D., Távara, A., & Meneses, B. (2023). Virtual reality in communicative learning tools for children with autism spectrum disorders a systematic literature review. *Salud, Ciencia y Tecnología – Serie de Conferencias*. <https://doi.org/10.56294/sctconf2023533>

- Han, J., Park, J., & Lee, H. (2022). Analysis of the effect of an artificial intelligence chatbot educational program on non-face-to-face classes: a quasi-experimental study. *BMC Med Educ.* <https://doi.org/10.1186/s12909-022-03898-3>
- Han, R., Todd, A., Wardak, S., Partridge, S., & Raeside, R. (2023). Feasibility and Acceptability of Chatbots for Nutrition and Physical Activity Health Promotion Among Adolescents: Systematic Scoping Review With Adolescent Consultation. *JMIR Hum Factors*, *10*(e43227). <https://doi.org/10.2196/43227>
- Imran, N., Hashmi, A., & Imran, A. (2023). Chat-GPT: Opportunities and Challenges in Child Mental Healthcare. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 1191-1193. <https://doi.org/10.12669/pjms.39.4.8118>
- Lacobucci, G. (2020). Babylon Health holds talks with “significant” number of NHS trusts. *BMJ.* <https://doi.org/10.1136/bmj.m266>
- Mahase, E. (2019). Birmingham trust and Babylon Health discuss pre-A&E triage app. *BMJ.* <https://doi.org/10.1136/bmj.12354>
- Makasi, T., Nili, A., Desouza, K., & Tate, M. (2020). Chatbot-mediated public service delivery: A public service value-based framework. *First Monday.* <https://doi.org/10.5210/fm.v25i12.10598>
- Murugaiyan, P., & Ramakrishnan, V. (2020). A methodology for structured literature network meta-analysis. *Journal of Modelling in Management*, 4-48. <https://doi.org/10.1108/JM2-01-2020-0009>
- Nißen, M., Rügger, D., Stieger, M., Flückiger, C., Allemann, M., V Wangenheim, F., & Kowatsch, T. (2022). The Effects of Health Care Chatbot Personas With Different Social Roles on the Client-Chatbot Bond and Usage Intentions: Development of a Design Codebook and Web-Based Study. *Journal of medical Internet research.* <https://doi.org/10.2196/32630>
- Oliver, D. (2019). David Oliver: Lessons from the Babylon Health saga. *BMJ.* <https://doi.org/10.1136/bmj.12387>
- Omarov, B., Narynov, S., & Zhumanov, Z. (2023). Artificial Intelligence-Enabled Chatbots in Mental Health: A Systematic Review. *Cmc-Computers Materials & Continua*, 5105-5122. <https://doi.org/10.32604/cmc.2023.034655>
- Page, M., McKenzie, J., Bossuyt, P., Boutron, I., Hoffmann, T., Mulrow, C., . . . Moher, D. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología.* <https://doi.org/10.1016/j.recresp.2021.06.016>
- Salas, J., Barros, F., & Martinez, F. (2019). Deep Learning: Current State. *IEEE Latin America.* <https://doi.org/10.1109/TLA.2019.9011537>
- Satheesh, K., Tanmai, M., Neelam, K., & Rodriguez, R. (2023). Artificial Intelligence and Knowledge Processing. *CRC Press.* <https://doi.org/10.1201/9781003328414>
- Secinaro, S., Calandra, D., Secinaro, A., Muthurangu, V., & Biancone, P. (2021). The role of artificial intelligence. *BMC Med Inform Decis Mak.* <https://doi.org/10.1186/s12911-021-01488-9>
- Singhal, K., Tu, T., Gottweis, J., Sayres, R., Wulczyn, E., Clark, K., . . . Tomasev, N. (2023). Towards Expert-Level Medical Question Answering with Large Language Models. *arXiv:2305.09617.* <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.09617>
- Sinha, S., Mandal, S., & Mondal, A. (2020). Question Answering System-Based Chatbot for Health care. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2188-1_6





Asistentes digitales en la experiencia del patrimonio cultural: Beacons en el Museo Naval de Madrid

Digital assistants in the experience of cultural heritage: Beacons in the Naval Museum of Madrid

Autores

✉ **María Jesús Rosado-García*

✉ *Ramón Argüelles Bustillo*

Departamento de Ingeniería y Gestión
Forestal y Ambiental, Universidad
Politécnica de Madrid, Madrid, España.

*Autor para correspondencia

Comó citar el artículo:

Rosado García, M.J., Argüelles Bustillo, R. (2024).. Asistentes digitales en la experiencia del patrimonio cultural: Beacons en el Museo Naval de Madrid. *Informática y Sistemas: Revista de Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones*, 8(1), 27–35. DOI: <https://doi.org/10.33936/isrtic.v8i1.6333>

Enviado: 10/01/2024

Aceptado: 06/03/2024

Publicado: 08/03/2024

Resumen

La llegada de la informática móvil y las nuevas tecnologías permiten explorar su potencial para lograr interacciones naturales e inteligentes entre los usuarios y su entorno, así mismo, inteligente. En este trabajo, se examina y desarrolla un sistema de balizas Bluetooth de bajo consumo o “beacons”, para el posicionamiento en interiores, y particularmente para la gestión de las visitas al patrimonio cultural; con el estudio de caso del Museo Naval de Madrid. Su uso como asistente digital, permite ofrecer información relevante al usuario sobre su entorno cuando sea necesario. La App desarrollada “vCoolture” es un sistema de guía móvil para visitantes de museos que utiliza el teléfono inteligente que porta el usuario y se apoya en los “beacons” situados en el museo para facilitar la comunicación y por tanto la proactividad de los participantes. Así mismo se tiene la intención de que el sistema sea una herramienta pedagógica que, por ejemplo, ayude a los estudiantes poniendo a disposición cierta información para su uso docente por parte del profesorado. Se ha puesto de manifiesto cómo el desarrollo de este tipo de plataformas interactivas, facilitan al visitante una mejor experiencia y poder disfrutar, a través de dispositivos móviles, de cualquier contenido audio-visual en las visitas a museos y otros centros culturales, al mismo tiempo que ofrece una completísima retroalimentación para el propio museo.

Palabras clave: Beacons; Patrimonio cultural; Museo interactivo; Localización en interiores; Teléfono

Abstract

The development of mobile computing and new technologies allows us to explore their potential to achieve natural and intelligent interactions between users and their environment, as well as intelligent. This paper examines and develops a system of Bluetooth low-energy beacons for indoor positioning, particularly for the management of visits to cultural heritage, with the case study of the Naval Museum in Madrid. Its use as a digital assistant makes it possible to offer relevant information to the user about their surroundings when necessary. The developed App “vCoolture” is a mobile guide system for museum visitors that uses the smartphone carried by the user and relies on the “beacons” located in the museum to facilitate communication and therefore the proactivity of the participants. The system is also intended to be a pedagogical tool that, for example, helps students by making certain information available for teaching used by teachers. It has become clear how the development of this type of interactive platform facilitates a better visitor experience and the ability to enjoy, through mobile devices, any audio-visual content during visits to museums and other cultural centers, while at the same time offering very complete feedback for the museum itself.

Keywords: Beacons; Cultural heritage; Interactive gallery; Indoor localization; Smartphone.



1. Introducción

Este estudio se basa en el proyecto desarrollado por los autores en el Museo Naval de Madrid, y la utilización de beacons o balizas para la gestión de la visita del usuario. Dichos elementos son dispositivos que emiten periódicamente una señal bluetooth de baja energía (LE), que les garantiza una gran autonomía cuando funcionan con batería, normalmente una pila de botón, y les permite estar funcionando hasta dos años (Aftab, 2017).

La tecnología beacon fue desarrollada inicialmente por Apple bajo la denominación de “i beacon” (Cavallini, n.d.), posteriormente Google desarrolló la tecnología para Android llamada “Eddystone” (google developers, n.d.), pudiéndose utilizar en la geo-posición en lugares, como en el interior de edificios, donde la señal GPS tiene dificultades (Campana et al., 2018).

El sistema global de navegación (GNSS) es un sistema de posicionamiento por satélite. Sin embargo, cuando la señal está apantallada por el hormigón armado o el metal, es difícil que se reciba en interiores, por lo que la localización se basa en la tecnología de bluetooth de baja energía (BLE), para la navegación peatonal (Namie & Suzuki, 2021). La capacidad de localizar un objeto o una persona dentro de un edificio puede tener múltiples aplicaciones, por lo que han surgido estudios entorno a los sistemas de localización a nivel de habitación basado en balizas bluetooth de baja energía, desplegadas en posiciones fijas y una persona que porta un escáner BLE con capacidad de leer los identificadores que emiten tales balizas BLE cuando llega la señal de éstas (Pedro J. García-Paterna & Sánchez-Aarnoutse, 2021).

Existen antecedentes en los últimos años de utilización de nuevas tecnologías en espacios culturales, entorno a la muestra y narrativa de sus objetos, que aumente el valor añadido percibido por sus usuarios. El uso de video-guías en el Museo Civici en Roma es ejemplo de innovación tecnológica para la mejora de la experiencia de patrimonio cultural turístico, con la ayuda a la visita del museo por los usuarios. Con un sistema de localización en interiores, basado en la tecnología beacon, se sugiere automáticamente a los visitantes contenidos asociados a obras de arte cercanas (Magnelli et al., 2020).

El Museo Arqueológico de Saitohara en Japón, ha creado una aplicación para teléfonos inteligentes que proporciona navegación en el museo, información sobre exhibiciones, etc. Dicha solución consiste en una baliza de baja energía y un software que detecta la posición (Embarcadero, n.d.). La implementación de sistemas capaces de localizar a las personas en el interior, con el fin de proporcionar servicios de asistencia, resulta especialmente importante para el arte.

Permite proporcionar información sobre exposiciones, galerías de arte y museos, y facilitar el acceso al patrimonio cultural de la sociedad, particularmente a personas con alguna discapacidad. Los beacons permiten obtener una información de posición relacionada con puntos de referencia predeterminados, y localizar a una persona o un objeto de interés. La posición obtenida tiene un error que depende de las interferencias presentes en la zona.

La interacción de las balizas con el cuerpo humano, una reciente tecnología inalámbrica que aprovecha el cuerpo humano como canal de transmisión, permite aumentar la precisión de la localización. La idea básica es explotar la localización derivada de las balizas para iniciar la búsqueda de una señal eléctrica transmitida por el cuerpo humano y distinguir la posición en función de la información contenida en la señal. La señal se transmite por capacitancia al cuerpo humano y se revela mediante un circuito resonante especial adaptado a la entrada del micrófono del dispositivo móvil (Gervasi et al., 2019).

Estudios realizados en la Galería Ping Yuan y Kinmay W Tang de Hong Kong, han permitido demostrar la importancia de la interacción baliza-smartphone para la participación de los usuarios en las galerías. Los sistemas interactivos existentes como el código QR, tienen un bajo nivel de compromiso por parte de los usuarios debido a su pasividad. Para abordar estos problemas, la infraestructura de balizas bluetooth low energía (BLE) para notificar, y un teléfono inteligente para interactuar, permite transformar un sistema interactivo pasivo en uno activo, y medir la calidad de la experiencia de los usuarios mediante una evaluación tipo Likert (Ng et al., 2017). El objetivo que queda demostrado en este trabajo es que el software definido es de aplicación en el patrimonio cultural frente a otros sistemas pasivos como los audioguías o sistema QR más extendidos actualmente.

Cabe destacar el caso del Museo Hecht, un pequeño museo situado en la Universidad de Haifa que cuenta con colecciones arqueológicas y de arte, como ejemplo de cómo la tecnología actual ofrece una variedad de formas para la entrega de información del contexto a los usuarios móviles en el patrimonio cultural. Un aspecto de difícil aproximación, es determinar qué le interesa al usuario. La posición del usuario es la mejor pista disponible, pero si se puede saber qué está mirando y cuál es su perfil de mirada se pueden acotar los posibles objetos de interés. Para ello se integra la técnica basada en la coincidencia de imágenes para el posicionamiento en interiores y una técnica de detección de la mirada para identificar el foco de atención del usuario mediante una audio-guía móvil (Mokatren et al., 2018).

La constatación del escaso empleo de estos dispositivos

para la gestión del patrimonio cultural, particularmente en España, conllevó el desarrollo del proyecto vCoolture, cuya idea de base se fundamenta en la utilización de beacons en museos para poder localizar al visitante dentro de éste. Los resultados de dicho proyecto se describen en el presente estudio. Metodológicamente se han de colocar dichos beacons en las salas del museo e incluso junto a obras relevantes. Seguidamente, por medio de una App (Aplicación para dispositivos móvil) desarrollada específicamente por los autores, el visitante puede conocer su ubicación o ver las obras de la sala en dicha App a modo de audio-guía, pero de una forma dinámica sin necesidad de interacción como ocurre con las herramientas convencionales.

La App incorpora una funcionalidad que indica el tiempo que ha permanecido el visitante en cada una de las salas y dentro de éstas, cuanto tiempo ha dedicado a cada una de las obras. Lo anterior es determinante para la gestión por parte del museo, ya que le indica la preferencia e interés del público.

Con la intención de que el sistema sea una herramienta pedagógica que por ejemplo ayude a los estudiantes, al final de la visita se les presenta un cuestionario relacionado con lo que han visto para determinar el aprovechamiento de la visita. Esa información está disponible para su uso docente por parte del profesorado. Lo anterior amplía lo iniciado por otros trabajos (He et al., 2015) por ejemplo al avanzar en los criterios para juzgar los intereses y las demandas potenciales y preferencias de los visitantes.

De igual manera, esta aplicación incorpora nuevas funcionalidades, enfocados a la mejora del aspecto comercial y la comunicación de las instituciones con los usuarios. En cada obra existe la posibilidad, por ejemplo, de tener la información en tiempo real de los productos relacionados que están disponibles para su compra en la tienda del museo.

Actualmente, se anuncia la quinta revolución industrial (European Commission, 2021) que tiene en cuenta principalmente la sostenibilidad ambiental y social, frente a la prioridad de los aspectos económicos-tecnológicos de la industria 4.0., lo que conlleva nuevos desafíos en todas las áreas. Se ha de fomentar la aproximación al conocimiento y la cultura, favorecer la comunicación entre entornos y transversalidad entre disciplinas (Rosado-García et al., 2021). Resulta imperativo interpretar y aprovechar las relaciones entre la tecnología, el arte y la ciencia en su proyección a la sociedad (Rosado-García & García-García, 2022).

Particularmente este estudio fomenta la aplicación de nuevas tecnologías a la cultura, en este caso se toma como ejemplo el Museo Naval de Madrid, lo que ha permitido demostrar que el beacon es una tecnología muy útil en la gestión de los espacios culturales y favorece el acercamiento del visitante y su experiencia.

El presente artículo se articula en torno a tres apartados. En la sección "Materiales y Métodos" se desarrolla la metodología de trabajo que puede resumirse en dos tareas diferenciadas, la selección en una primera etapa del dispositivo beacon y el

desarrollo de la aplicación móvil. Los apartados "Resultados y Discusión" y "Conclusiones" presentan la aplicación al caso de estudio y el procedimiento de implementación, así como el resumen de lo desarrollado y los puntos a resaltar.

2. Materiales y Métodos

Primeramente, se ha de seleccionar el modelo de beacon que se encuentre disponible en el mercado, fase de suma importancia ya que cada dispositivo según su casa comercial permite compatibilidad con un sistema (Android) u otro (iOS: sistema operativo móvil de código cerrado desarrollado por Apple Inc.), o ambos. Por ello se adquieren varios modelos para realizar distintas pruebas en ellos. Seguidamente, se ha de estudiar el funcionamiento de los dispositivos, que se han de ajustar y programar según el software facilitado por el fabricante. Se ha de programar en cada beacon la potencia de transmisión que condiciona la vida útil de la batería y la precisión de la señal. Así mismo, el beacon que emite 3 códigos continuamente, han de ser programados. Uno denominado *Universally Unique Identifier* (UUID) (Leach et al., 2005), es un identificador para un grupo de beacons, en el caso de estudio se utiliza para identificar el museo. Los otros dos, *Major* y *Minor* (Aftab, 2017), que son unos valores enteros, sirven para indicar la sala y la obra respectivamente. Estos datos se están emitiendo continuamente con una periodicidad definida por el usuario, normalmente unas diez veces por segundo, aunque si se baja dicha frecuencia la batería puede durar más tiempo, característica que vendrá especificada por el fabricante.

Para conocer la ubicación de un beacon, además de los valores anteriores, se ha de medir la potencia con la que llega la señal, y a partir de cómo ha caído la potencia, se puede conocer la distancia a la que se está de un dispositivo. La potencia de transmisión TX también se puede programar y se ha de hacer elemento a elemento, para lograr un ajuste adecuado. Es decir, el proceso ha de ser minucioso, con el ajuste pormenorizado de cada beacon dependiendo de la ubicación de cada uno de ellos en la sala para que garantizan unas mediciones correctas de distancias. Normalmente se coloca el beacon a un metro de distancia y se mide la potencia de la señal para realizar los ajustes. Dicha distancia a veces resulta difícil de medir pues se ve afectada significativamente por obstáculos, personas u otras señales que pueden interferir con esta.

Seguidamente se han de desarrollar el software y las aplicaciones necesarias. La aplicación de BackOffice es la que permite definir tanto la geometría de los museos, como las obras que hay en él. Toda la información se guarda en una base de datos, que puede estar en la nube, o si el museo lo desea, proporcionar éste un servidor con un motor de base de datos que él deseé. En caso de optar por el primer caso, el motor de la base de datos es MySQL. Se ha desarrollado la aplicación móvil ya que la aplicación de Backoffice no cabe su descripción en este artículo, no es el objetivo del artículo. La aplicación *Backoffice* es la que alimenta la base de datos con la información de las obras del museo tanto de texto, imágenes y audios. No cabe mayor descripción en este artículo ya que no es el objetivo de la investigación.



La aplicación permite definir tantos museos como se desee. Todos los beacons de un museo tienen el mismo identificador UUID y sólo varían los códigos *Minor* y *Major*.

3. Resultados y Discusión

El proyecto se inicia en 2017, al conocer la intención del Museo Arqueológico de Saitohara en Japón de desarrollar una tecnología que mejorara la gestión de sus visitas. Los autores tuvimos conocimiento de que en el museo de Japón querían cambiar el audio guías por otro sistema, pero no especificaban cual, lo que nos hizo plantearnos un sistema de posicionamiento en interiores como la mejor opción y se optó por el sistema beacon que estaba en ese momento comenzando. Lo cual conllevó un extenso trabajo de investigación en torno a esta nueva tecnología desconocida entonces.

En ese momento los autores del presente estudio, adquieren distintos tipos de beacons, solamente disponibles entonces en EEUU, tanto para Android como para iOS y se comienza el periodo de pruebas. Los resultados fueron

esperanzadores por lo que el siguiente paso fue desarrollar dos aplicaciones, una de *BackOffice* para definir el museo, sus salas y las obras de cada una de ellas un identificador y procesar las estadísticas recogidas de los visitantes. Una segunda App desarrollada, funciona tanto en Android como en iOS, siendo la que debe portar el visitante.

Se ha de llevar a cabo, una parte física de trabajo con los beacon en relación a la colocación y organización del museo. Indicar que resulta necesario tantear la posición relativa entre ellos para una correcta localización del visitante. Es decir, utilizando las posiciones de cada beacon y su distancia a ellos, se triangula la posición. Por otra parte en lo que se refiere al software, tanto el código de la aplicación de *BackOffice* como las Apps (Android e iOS) se han desarrollado en Delphi (Cantù, 2001).

En primer lugar, por tanto, se definen los edificios que componen el museo, a continuación, los niveles (plantas) de cada uno de los edificios, y finalmente las salas (su geometría) de cada planta. Dentro de cada sala se definen tanto las obras, que pueden ser obras sueltas como agrupadas, como por ejemplo una vitrina con distintos objetos. El nivel de detalle lo define el usuario. Dentro de cada obra se pueden incluir textos en diferentes idiomas,

Figura 1. Base de datos de imágenes Aplicación de BackOffice, pantalla con los datos generales.

Fuente: Los autores.

imágenes, audios y vídeos. Además, se pueden dibujar dentro de las salas otro tipo de objetos como bancos, mostradores, alfombras e incluso añadir elementos publicitarios que puedan estar patrocinados.

Lo anterior se corresponde con la aplicación "BackOffice", de escritorio u ordenador que gestiona el propio museo, en la que se personaliza el museo, sus datos como horarios o por ejemplo los idiomas que el usuario tendrá a su disposición en la App (Figura 1). Se estudia como caso el Museo Naval de Madrid, espacio para la investigación, conservación y difusión de la historia marítima española. Su oferta cultural está destinada a todos los públicos y diseñada para conocer y disfrutar la dimensión marítima de España.

Así mismo, el software permite personalizar la App según si el museo cuenta con tienda, si se precisa una encuesta al final y se seleccionan las obras más representativas del museo; de forma particular, se han de definir las obras que contiene el museo, según una lista donde se pueden consultar todas las obras definidas (Figura 2), con su localización según las salas en

las que se ubican y se permite editar o añadir una obra nueva o reflejar sus cambios.

Se ha de definir la importancia de cada obra, lo que facilita su gestión para que, si se estima oportuno, ocultándola o mostrándola en la sala según el filtro de importancia seleccionado por el usuario. Es posible definir preguntas sobre la obra que posteriormente aparecerán en el cuestionario y se tiene posibilidad de editar la imagen, mover y escalar, manteniendo constante la relación largo/ancho; lo anterior hace que se puedan definir puntos en la imagen con información adicional sobre ese detalle de la obra.

A continuación, se definen los edificios que componen el museo, y en cada uno de ellos, las plantas, para continuar con la definición de las salas, así como su contorno real (Figura 3), con sus medidas reales, las puertas con su ubicación para posteriormente conectar estas con la de las salas vecinas. Este punto es importante ya que la aplicación permite generar itinerarios según el tiempo disponible, así como indicar el camino para llegar a una obra. También en este módulo es donde se han de insertar las obras

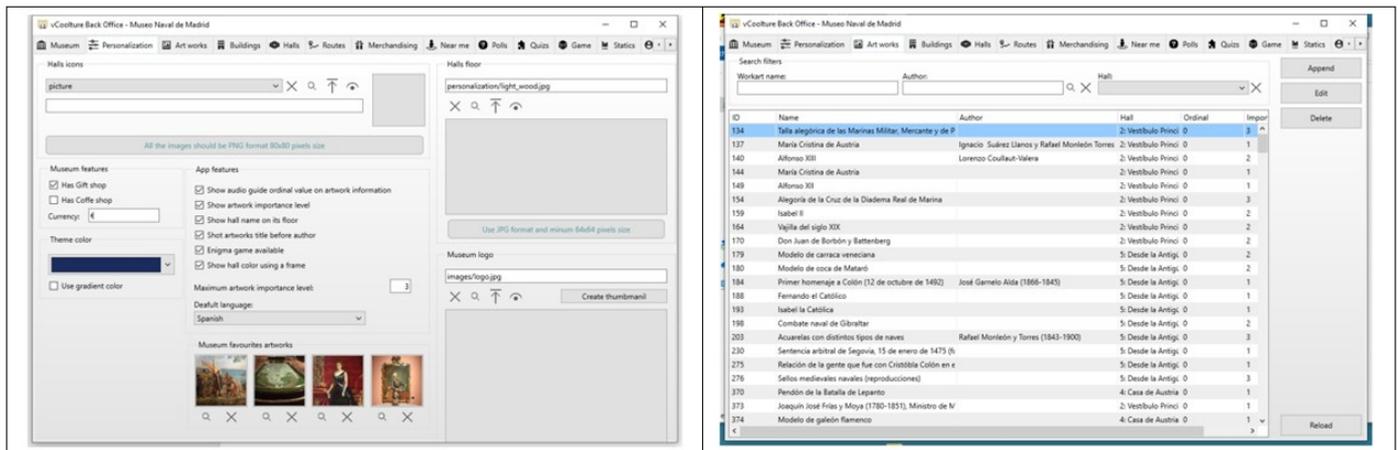


Figura 2. Aplicación de BackOffice. (a) Pantalla para definir que debe mostrar o no la App. (b) Definición de las obras de arte.

Fuente: Los autores.

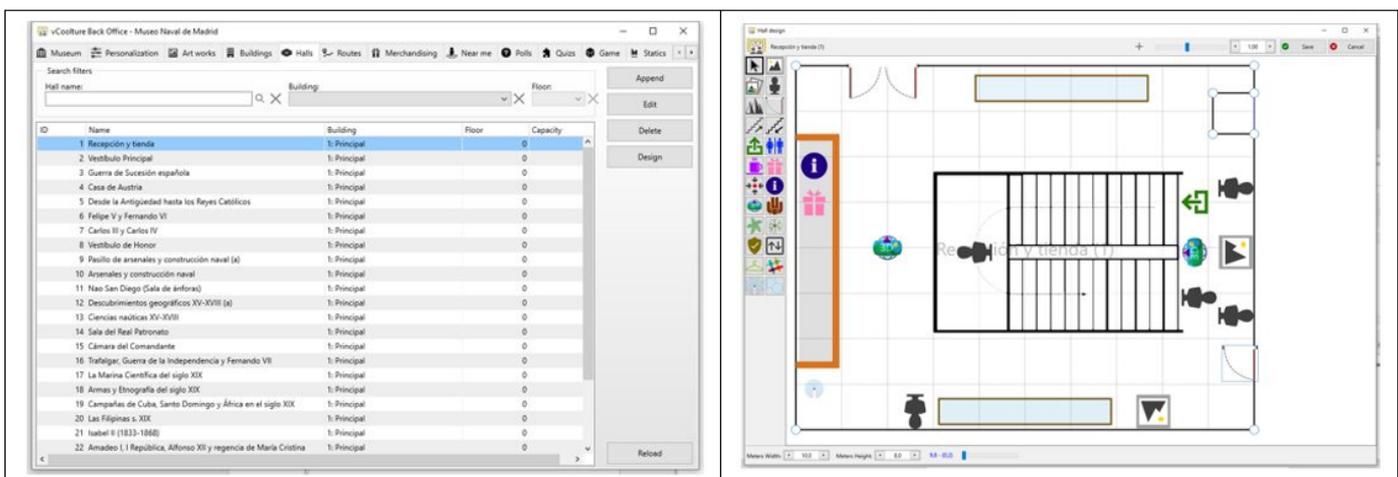


Figura 3. Aplicación de BackOffice. (a) Pantalla de definición. (b) Diseño de las salas.

Fuente: Los autores.

definidas en la “pantalla de definición de las obras de arte”. Así mismo, es posible indicar la ubicación de los beacons dentro de la sala, para que la App la localice, se pueden situar los puntos de información, aseos, mobiliario, etc.; lo que facilita enormemente al usuario el acceso al museo y su exposición, ya que si, por ejemplo, se está fuera de la sala, en otro punto del museo, se puede buscar la ruta que te lleve al servicio ofrecido por el museo que busca el visitante.

Con el objetivo recurrente de facilitar la experiencia del usuario en los espacios culturales, la aplicación pone a disposición la generación de rutas (Figura 4) con los itinerarios que el museo aconseja a los visitantes por prioridad de obras, según temática y tipo de público y/o tiempo del que se disponga. Entre las funcionalidades de la aplicación, cabe destacar lo importante de ciertos módulos en la gestión de las colecciones por parte de los museos. Se posibilita realizar estadísticas (Figura 4), al disponer de información global o referente a cada sala, de número de visitantes, tiempo medio de visita, tiempo en una obra concreta si ésta contiene asociado un beacon, y, se tiene la posibilidad de exportar toda esta información a una hoja Excel para poder tratar la información.

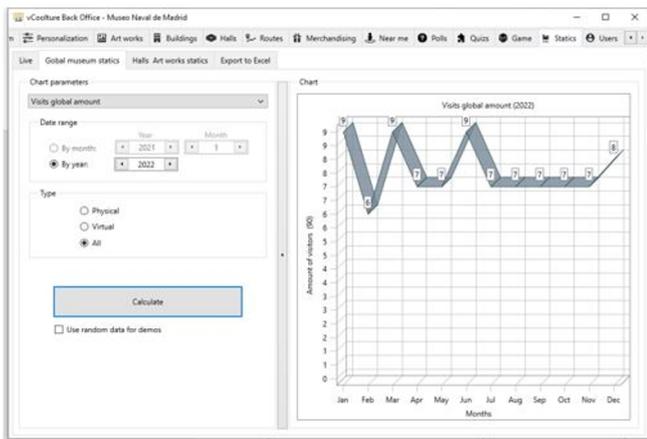


Figura 4. Aplicación de BackOffice. (a) Pantalla de diseño de rutas. Se define el tiempo de la visita y se van añadiendo las obras.

Fuente: Los autores.

En relación a la segunda aplicación, a ejecutar en un dispositivo móvil, teléfono o tableta, vCoolture (Figura 5) es asistente digital desarrollado por los autores para visitar museos. Es una App que pretende sustituir por completo las audioguías actualmente ya obsoletas. Mejora sustancialmente la experiencia del usuario al visitar museos, exposiciones o cualquier otro entorno cultural, ofreciendo muchos más servicios que los que ofrece la audioguía tradicional. Incluye: navegación 3D, audio de voz, videos, texto, texto a voz, encuestas, enlaces a cualquier URL y búsqueda y

guía a cualquier obra de arte.

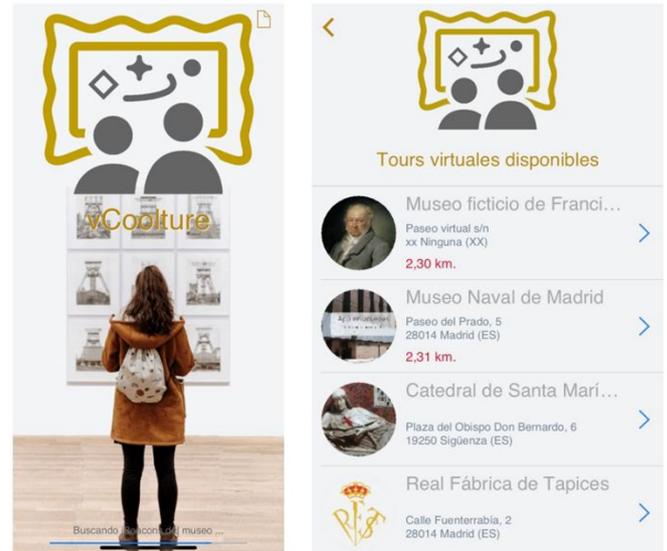


Figura 5. Pantalla de inicio de la App desarrollada “vCoolture”.
Fuente: Los autores.

La aplicación tiene dos modos de funcionamiento: desatendido y modo búsqueda. El modo desatendido se mantiene en espera a que la aplicación reconozca al usuario en cualquier sala del

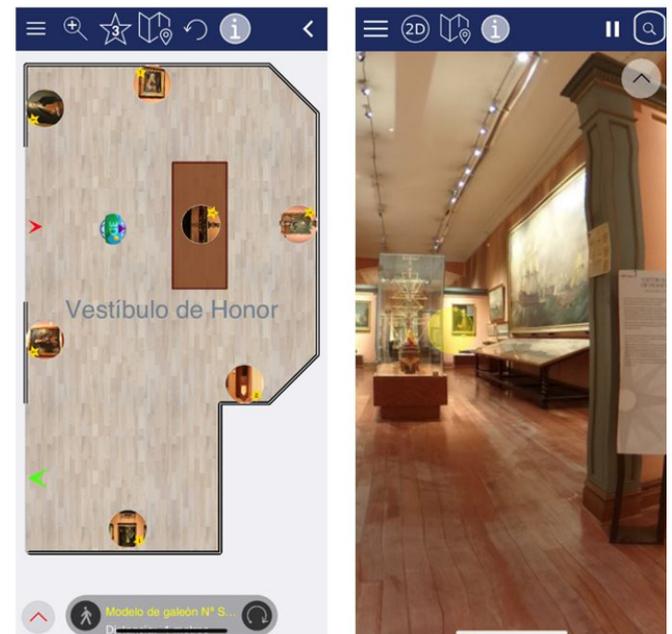


Figura 6. Pantalla de sala con distintas funcionalidades de la App desarrollada “vCoolture”.
Fuente: Los autores.

museo gracias a su tecnología iBeacons. Una vez localizado, vCoolture mostrará todas sus obras de arte. En caso de que la obra de arte tenga un beacon asignado, una vez que se acerque, la aplicación mostrará automáticamente toda la información. Sin embargo, si no es el caso, simplemente se ha de tocar el icono de la obra de arte.

Con la opción de menú Recorridos, como se hace referencia anteriormente en la aplicación de "BackOffice", se podrá seleccionar cualquier ruta predefinida, pudiendo reducir la visita a las obras que desee; se tiene posibilidad de buscar una obra de arte específica y la aplicación guiará al visitante de forma sencilla, estando disponible, en la parte inferior de la pantalla, toda la información de la misma. El icono del peatón muestra todas las salas que se deben cruzar hasta el destino y la flecha azul, por ejemplo, indica la puerta que se tiene que seguir para llegar a la obra de arte. Con esta simple información es muy fácil posicionarse en la sala, ya que así mismo se posibilita una animación en 3D de la propia sala (Figura 6).

Cabe apuntar que hoy convivimos con la cuarta revolución industrial (Schwab, 2016), que se basa principalmente en la utilización e implementación de sistemas *ciberfísicos* (Csalodi et al., 2021). La difusión del uso de internet, la digitalización, pero especialmente la *sensorización* y el internet de las cosas (IoT) están brindando nuevas oportunidades, principalmente en el ámbito de la optimización de procesos, mediante su combinación con la Inteligencia Artificial (IA) y el aprendizaje profundo y continuo para la mejora en la gestión de los datos generados. También en el campo de la comunicación y en la educación, sobre la que conviene poner el foco y a la que ha de ayudar la tecnología. Cabe apuntar que se ha de abogar por una nueva educación, ya que es un hecho que las personas, lejos de lo que se demanda actualmente, están superando la prueba de un mundo nuevo con la educación (antigua) que recibieron. Es un hecho por tanto que la tecnología digital conlleva la reorganización del campo educativo (Bonami, Beatrice. Piazentini, Luiz. Dala-Possa, 2020).

A lo anterior contribuye nuevas propuestas como el presente trabajo, que ha expuesto el proyecto desarrollado por los autores entorno a la mejora de la gestión de los espacios culturales gracias a la tecnología. Se consideran obligadas las colaboraciones entre arte, ciencia y tecnología fomentando entornos en los que puedan coexistir diferentes disciplinas, dado el paradigma relacional actual de la sociedad (Laiglesia et al., 2010). Cabe incidir en que el arte, la ciencia y la tecnología son inseparables y no pueden considerarse campos aislados de la actividad humana, esta transversalidad también es exigida por la sociedad (Robson, 1965).

Por lo anterior, es claro que todo va a ser mucho más *interrelacional*, quedando patente la necesidad de investigaciones que propicien el desarrollo tecnológico en su ayuda a campos como el arte o la educación, que faciliten la comunicación entre actores y la transmisión del conocimiento.

4. Conclusiones

En este trabajo se aboga especialmente por descubrir todas las posibilidades que ofrece acercar la cultura a la sociedad, y a la que ayuda en este caso la tecnología. En esta investigación se sentaron las bases de un sistema de posicionamiento sencillo y de bajo coste basado en Bluetooth Low Energy para la gestión de los espacios culturales. Se ha descrito cómo los beacons se pueden utilizar para geoposicionarse en lugares donde no llega la señal GPS, como en el interior de edificios. Se trata de unas pequeñas balizas que emiten una señal Bluetooth de forma continua que es identificada por la App instalada en un teléfono móvil y le permite saber la posición del visitante y situarlo en una sala o ante una obra de arte en concreto. El sistema puede mejorarse optimizando el número de balizas necesarias para cubrir zonas interiores y mejorar su precisión adoptando métodos de triangulación.

La tecnología actual ofrece diversas formas de suministrar información contextualizada a los usuarios móviles y lo que es más difícil, determinar qué le interesa al usuario; para lo que se ha de poder tener información de su posición. Es por tanto necesario explotar el potencial de la tecnología en relación a la informática móvil, que permita interacciones naturales e inteligentes entre los usuarios y su entorno inteligente, en particular de los espacios culturales.

La App llamada "vCoolture" desarrollada por los autores, a priori no contiene datos de los museos, pues es realmente una plataforma para que cualquier museo pueda adherirse. Toda la información está centralizada y se obtiene de Internet o una nube privada cuando se inicia la App. Se recomienda la existencia de un servicio WIFI ofrecido por el museo, aunque no resulta imprescindible. Es una guía interactiva desarrollada para principalmente facilitar la visita de los usuarios a los museos, ofreciendo toda la información al respecto, proponiendo recorridos según contenido o necesidades y seleccionando las piezas según lo requerido por el visitante.

Se ha puesto de manifiesto cómo el desarrollo de este tipo de plataformas interactivas, facilitan al visitante una mejor experiencia y poder disfrutar, a través de dispositivos móviles, de cualquier contenido audio-visual en las visitas a museos y otros centros culturales, al mismo tiempo que ofrece una completísima retroalimentación para el propio museo.

Sus características permiten su aplicación en museos y ofrecen a los visitantes la posibilidad de interactuar con la colección de una exposición en tiempo real. En esta investigación, se abordó el diseño de un sistema por el que, mediante las balizas situadas en los museos, los visitantes son capaces de obtener la navegación y la interacción con las colecciones basadas en la ubicación de proximidad de los visitantes y el tiempo de retención. Resultan de gran ayuda para los visitantes ya que permite ofrecer información más personalizada al usuario y facilitar así su aprendizaje e interacción con el museo. Se permite así mismo detectar los comportamientos de los visitantes y estimar sus intereses lo facilita enormemente la comunicación a futuro entre el centro y el visitante para proponerle su oferta según el perfil de cada visitante. Lo que parece incuestionable es que nuevas propuestas

que mejoren la experiencia de los entornos culturales atraerá a más visitantes recurrentes e igualmente, a mayor número de visitantes, más posibilidades habrá de proteger y difundir la cultura, más allá de los propios intereses económicos.

Se ha de facilitar el acercamiento a los entornos de cultura, facilitar el relato con herramientas que permitan acercarla a las nuevas generaciones. Se ha de posibilitar ver la obra, la cultura, más allá de mirarla, al igual que descubrir el mundo no es mirar el mundo, es verlo. Lo anterior implica un potente acto de voluntad, primeramente, por los propios profesionales, y después por la sociedad, que ha de poner en valor el conocimiento, el propio entorno cultural para vivirlo profundamente, y disfrutar de todo aquello que se nos pone a disposición; a lo cual contribuye el presente trabajo.

Contribución de los autores

María Jesús Rosado García: Conceptualización, Metodología. Redacción-revisión y edición del artículo **Ramón Argüelles Bustillo:** Conceptualización, Investigación, Software, Curación de datos borrador original del artículo.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Referencias bibliográficas

- Aftab, M. U. bin. (2017). *Building Bluetooth Low Energy Systems*. Packt Publishing.
- Bonami, Beatrice, Piazzentini, Luiz, Dala-Possa, A. (2020). Educación , Big Data e Inteligencia Artificial : Metodologías mixtas en plataformas digitales Education , Big Data and Artificial Intelligence : Mixed methods in digital platforms. *Revista Comunicar, XXVIII(65)*, 43–52.
- Campana, F., Pinargote, A., Dominguez, F., & Pelaez, E. (2018). Towards an indoor navigation system using Bluetooth Low Energy Beacons. *2017 IEEE 2nd Ecuador Technical Chapters Meeting, ETCM 2017, 2017*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ETCM.2017.8247464>
- Cantù, M. (2001). *Mastering Delphi 6*. Sybex.
- Cavallini, A. (n.d.). *iBeacons Bible*. Retrieved October 3, 2022, from <https://meetingofideas.files.wordpress.com/2013/12/ibeacons-bible-1-0.pdf>
- Csalodi, R., Jaskó, S., Süle, Z., & Holczinger, T. (2021). Industry 4.0 - Driven Development of Optimization Algorithms: A Systematic Overview. *Complexity*, February, 0–22. <https://doi.org/10.1155/2021/6621235>
- Embarcadero. (n.d.). *Construcción del sistema Navis en el Museo Arqueológico de Saitohara con RAD Studio / Delphi + Beacon Fence*. Retrieved January 17, 2022, from <https://www.embarcadero.com/jp/events-japan/developer-camp/report/saitobaru-case>
- European Commission. (2021). *Industry 5.0. Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. <https://doi.org/10.2777/308407>
- Gervasi, O., Fortunelli, M., Magni, R., Perri, D., & Simonetti, M. (2019). Mobile Localization Techniques Oriented to Tangible Web. *Computer Science, 11619*, 118–128. https://doi.org/10.1007/978-3-030-24289-3_10
- google developers. (n.d.). *Eddystone format-beacons*. Retrieved October 3, 2022, from <https://developers.google.com/beacons/>
- He, Z., Cui, B., Zhou, W., & Yokoi, S. (2015). A proposal of interaction system between visitor and collection in museum hall by iBeacon. *10th International Conference on Computer Science and Education, ICCSE 2015, Iccse, 427–430*. <https://doi.org/10.1109/ICCSE.2015.7250283>
- Laiglesia, J. F. de, Loeck, J., & Martín, R. C. (Eds.). (2010). *La Cultura Transversal. Colaboraciones entre arte, ciencia y tecnología. "Transversal Culture. Collaborations between art, science and technology"*. Universidad de Vigo.
- Leach, P., Mealling, M., & Salz, R. (2005). A universally unique identifier (uuid) urn namespace. *Namespace*, 1–32. <https://doi.org/doi:10.17487/RFC4122>
- Magnelli, A., Pantile, D., Falcone, R., & Pizziol, V. (2020). Advances in Tourism, Technology and Smart Systems. Smart Innovation, Systems and Technologies. *The Video Guides at the Musei Civici in Rome: An Example of Technological Innovation in Touristic Cultural Heritage Experiences, 171*, 199–209. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2024-2_18
- Mokatren, M., Kuflik, T., & Shimshoni, I. (2018). Exploring the potential of a mobile eye tracker as an intuitive indoor pointing device: A case study in cultural heritage. *Future Generation Computer Systems, 81*, 528–541. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.07.007>
- Namie, H., & Suzuki, O. (2021). Indoor location estimation by bluetooth low energy for pedestrian navigation. *IEEEJ*

- Journal of Industry Applications*, 10, 45–52. <https://doi.org/10.1541/IEEJJA.20003604>
- Ng, P. C., She, J., & Park, S. (2017). Notify-and-interact : a beacon-smartphone interaction for user engagement in galleries. *IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME)*, 10, 1069–1074. <https://doi.org/10.1109/ICME.2017.8019467>
- Pedro J. García-Paterna, A. S. M.-S., & Sánchez-Aarnoutse, J. C. (2021). Empirical Study of a Room-Level Localization System Based on Bluetooth Low Energy Beacons. *Sensors*, 3665, 1–13. <https://doi.org/10.3390/s21113665>
- Robson, S. R. (1965). Aesthetics in engineering. *New Zealand Engineering*, 20, 409–415.
- Rosado-García, M. J., & García-García, M. J. (2022). La ingeniería como territorio común del arte, la ciencia y la tecnología. Una respuesta fenomenológica. *Arbor Ciencia, Pensamiento y Cultura*, 198(806), 1–13. <https://doi.org/https://doi.org/10.3989/arbor.2022.806014> LA
- Rosado-García, M. J., Kubus, R., Argüelles-bustillo, R., & García-García, M. J. (2021). A New European Bauhaus for a Culture of Transversality and Sustainability. *Sustainability*, 11844, 1–22. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su132111844>
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum.





Validación y Emisión de Certificados en Educación Superior Utilizando Tecnología Blockchain

Validation and Issuance of Higher Education Certificates Using Blockchain Technology

Autores

- ✉ **Freddy Stalin Lamar Peña*
- ✉ *Geovanny Andrés Vega Mite*
- ✉ *Joofre Antonio Honores Tapia*
- ✉ *Oscar Efrén Cárdenas Villavicencio*

Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.

* Autor para correspondencia



Resumen

La investigación se centra en el desarrollo de un prototipo de aplicación web para la validación y emisión de certificados en educación superior mediante la tecnología blockchain. Comienza con un análisis exhaustivo de la literatura existente utilizando la metodología PRISMA, estableciendo un marco para su aplicación en el sector educativo y analizando las implicaciones para las instituciones educativas. Los beneficios de esta metodología incluyen la reducción de costos, tiempos de procesamiento optimizados y un impacto positivo en la autenticidad y confiabilidad de los certificados académicos. El prototipo se desarrolló utilizando el enfoque de la metodología de desarrollo de software SCRUM, lo que permitió su evaluación en un entorno controlado. Además, se emplearon tecnologías como Ganache, Python y MongoDB para un examen detallado de la funcionalidad y rendimiento de la aplicación. Los resultados preliminares sugieren que la tecnología blockchain ha mejorado significativamente la seguridad, transparencia y eficiencia en la emisión y validación de certificados en el sector educativo. Este estudio proporciona perspectivas valiosas sobre la adopción de innovaciones tecnológicas en la educación superior.

Palabras clave: Blockchain en Educación; Certificación Digital; Seguridad de Datos en Educación; Innovación en Educación Superior; Validación de Credenciales Educativas

Abstract

The study focuses on developing a prototype web application for validating and issuing certificates in higher education using blockchain technology. It begins with a thorough analysis of existing literature employing the PRISMA methodology, establishing a framework for its application in the education sector and examining implications for educational institutions. The methodology's benefits include cost reduction, optimized processing times, and a positive impact on the authenticity and reliability of academic certificates. The prototype was developed using the SCRUM software development methodology, enabling evaluation in a controlled environment. Additionally, technologies such as Ganache, Python, and MongoDB were employed for a detailed examination of the application's functionality and performance. Preliminary results suggest that blockchain technology has significantly enhanced security, transparency, and efficiency in certificate issuance and validation within the education sector. This study provides valuable insights into the adoption of technological innovations in higher education.

Keywords: Blockchain in Education; Digital Certification; Data Security in Education; Innovation in Higher Education; Validation of Educational Credentials.

Comó citar el artículo:

Lamar Peña, F. S., Vega Mite, G. A., Honores Tapia, J. A. & Cárdenas Villavicencio, O. E.. (2024). Validación y Emisión de Certificados en Educación Superior Utilizando Tecnología Blockchain. *Informática y Sistemas: Revista de Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones*, 8(1), pp. 36–51. <https://doi.org/10.33936/isrtic.v8i1.6535>

Enviado: 08/03/2024

Aceptado: 22/05/2024

Publicado: 24/05/2024



1. Introducción

La integración de tecnologías emergentes en el ámbito de la educación superior ha sido de interés muy significativo en los últimos años. Particularmente, la tecnología blockchain, que ha demostrado ser una herramienta poderosa en una variedad de sectores en el campo educativo, especialmente en la validación y emisión de certificados. Históricamente, la tecnología blockchain fue concebida en 1991 como un método criptográfico para asegurar la inmutabilidad y la integridad de la información y sellar documentos digitales. Sin embargo, su aplicación práctica se expandió considerablemente con la aparición de Bitcoin en 2009, más tarde; con el desarrollo de Ethereum en 2014 se introdujo los contratos inteligentes, marcando el comienzo de la era de la “Blockchain 2.0” y su utilización en aplicaciones descentralizadas más allá de las transacciones financieras.

Además de la tecnología blockchain, existen varias alternativas para la emisión segura de certificados en el ámbito educativo. Entre estas alternativas se encuentran sistemas centralizados de gestión de bases de datos, firmas digitales basadas en infraestructuras de clave pública (PKI), y sistemas de gestión de identidades descentralizados. Estas soluciones, si bien han sido utilizadas con cierto éxito, presentan limitaciones en cuanto a la transparencia, la resistencia a la manipulación y la descentralización.

Sin embargo, es importante destacar que el protocolo de intercambio de clave no invertible de Lizama-Perez & López R. (2021), utilizado en su trabajo, no aborda directamente la tecnología blockchain y sus capacidades de descentralización y resistencia a la manipulación. Aunque el protocolo ofrece un sistema de certificación seguro y eficiente, no proporciona las mismas garantías de transparencia y resistencia a ataques que se encuentran en las soluciones basadas en blockchain.

La relevancia de la tecnología blockchain en el ámbito educativo ha sido destacada por varios estudios. En 2021, Anwar et al. (2021) desarrollaron un modelo innovador combinando blockchain y el modelo de aprendizaje iLearning, creando un marco de confianza en la educación superior. Del mismo modo, Jaramillo & Piedra (2020), y Ghaffar & Hussain (2019), propusieron modelos con sistemas que utilizan la tecnología blockchain para mejorar la gestión de credenciales académicas incluyendo la verificación de certificados, destacando los avances, así mismo sus desafíos en este ámbito. Mahamatov et al. (2020) exploró el potencial de la blockchain en la educación superior, resaltando la capacidad de esta tecnología para revolucionar la gestión de datos y la seguridad. En Ayub Khan et al. (2021) presentó una arquitectura para la verificación, incluyendo la trazabilidad en la autenticación de títulos, por último, Ali et al. (2022)

abordó la transformación digital en la educación, enfatizando la necesidad de sistemas de gobierno educativo eficientes y seguros. Sin embargo, según Krichen et al. (2022) en su revisión, blockchain se puede utilizar en varios ámbitos, como finanzas, salud, sistemas de información, redes inalámbricas, Internet de las cosas, redes eléctricas inteligentes, servicios gubernamentales y militar/defensa.

A pesar de los avances recientes, persisten áreas en la educación superior donde aún no se ha aprovechado por completo el potencial de la blockchain, particularmente en la creación de aplicaciones web eficientes y seguras para la emisión y validación de certificados. Se pretende superar esta limitación proponiendo una solución innovadora que une la seguridad inherente de la blockchain con la flexibilidad y accesibilidad propias de una aplicación web. Se plantea la hipótesis de que implementar la tecnología blockchain mediante una plataforma web puede elevar notablemente la transparencia, eficiencia en la emisión y validación de certificados dentro del ámbito educativo superior.

Aunque ha habido avances tecnológicos, los sistemas vigentes presentan limitaciones, así como vulnerabilidades que podrían comprometer tanto la confiabilidad como el valor de los certificados emitidos. Para abordar estas preocupaciones, se propone el desarrollo de una aplicación web basada en la tecnología blockchain empleando específicamente Ganache, Python y MongoDB, con el fin de optimizar este proceso crucial.

El objetivo principal de este estudio consiste en desarrollar una plataforma web capaz de facilitar la emisión y validación de certificados mediante una red blockchain, además de realizar una evaluación de su rendimiento. Esta integración no solo incluye bloques, sino también contratos inteligentes, asegurando así la integridad con la autenticidad de los certificados expedidos. Para alcanzar este fin, se adoptará una metodología centrada en el desarrollo de la aplicación web con Flask como framework. Morales Carrillo et al. (2023) destacaron que Flask basado en Python permitió el desarrollo y la implementación de un API REST de manera más ágil y sencilla para el consumo de datos lo cual se alinea con los esfuerzos de este proyecto para crear un servicio eficiente y fácil de usar, complementado con la ejecución de pruebas de funcionamiento y rendimiento en un ambiente controlado confiando que la aplicación web desarrollada garantice ser una herramienta robusta y confiable para la gestión de certificados académicos.

2. Materiales y Métodos

Para la revisión literaria de este artículo se aplicó la metodología

Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) que representa una actualización y ampliación del anterior estándar QUOROM establecido en julio de 2009. Esta metodología fue respaldada por la colaboración de los miembros de la red Enhancing the QUALity and Transparency Of health Research (EQUATOR) en el Reino Unido dirigida por el profesor Doug Altman, este enfoque subraya la importancia de la precisión y transparencia en la investigación de salud, lo cual se refuerza por la asociación con la Organización Panamericana de la Salud, tal como se documenta en su informe de mayo de 2016 Barquero Morales (2022).

2.1 Estrategia de Búsqueda Avanzada

En el presente estudio se implementó una estrategia de búsqueda avanzada para compilar una revisión sistemática de literatura que explorará la intersección de la tecnología blockchain en la educación superior y la validación de certificados. Las fuentes de información seleccionadas fueron bases de datos académicas y científicas de primer nivel tales como: PubMed, Scielo, Redalyc, Crossref y Dialnet, cada una conocida por su sólida colección de publicaciones académicas en el ámbito de las tecnologías.

2.1.1 Búsqueda Sistemática

En la búsqueda sistemática se emplearon términos clave en combinación con operadores booleanos para asegurar una cobertura amplia y precisa de la literatura existente. La búsqueda se inició con un conjunto de términos básicos como “Blockchain” y “Education”, incrementando progresivamente la especificidad con términos adicionales como “Certificate Validation” y “Educational Technology”. Se utilizaron combinaciones tales como:

- (“Blockchain” AND “Education”) OR (“Blockchain” AND “Certificate”)
- (“Blockchain” AND “Education”) OR (“Educational Certificate” AND “Blockchain Technology”) NOT “Cryptocurrency”

Estas combinaciones iniciales estaban destinadas a recoger un amplio espectro de investigaciones y discusiones entorno a la aplicación de blockchain en ámbitos educativos.

2.1.2 Criterios de Inclusión y Exclusión

Los criterios de inclusión y exclusión fundamentales para la relevancia y la calidad de la revisión se establecieron conforme a las mejores prácticas que se detallaron en la Tabla 1 del documento. Se priorizaron artículos publicados entre 2021 a 2024 en inglés y español que estuvieran disponibles de forma gratuita y contaran con un DOI para su fácil localización y verificación. Se excluyeron tipos de literatura como tesis, libros y aquellos estudios que, aunque contaran con blockchain como tema, no se vinculaban directamente con la educación superior o la validación de certificados.

Tabla 1. Criterios de Inclusión y Exclusión.

Inclusión	Exclusión
Artículos publicados entre 2021 - 2024	Tesis
Artículos en español e inglés	Libros
Artículos con acceso gratuito	Artículos fuera del periodo 2021 - 2024
Artículos bases de datos mencionadas	Artículos con acceso tarifado
Artículos de Blockchain que cuenten con DOI	Artículos que no se encuentren en las bases de datos mencionadas
	Artículos no relacionados con el tema

Fuente: Autores

2.2 Filtrado y Análisis de Resultados

La selección de artículos para este estudio siguió un proceso riguroso de filtrado basado en los criterios de inclusión y exclusión descritos previamente. La Figura 1 ilustra el flujo de trabajo detallado de la metodología PRISMA; el proceso comenzó con la identificación de 29 registros a través de las búsquedas en bases de datos y se refinó mediante la eliminación de duplicados y la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión.

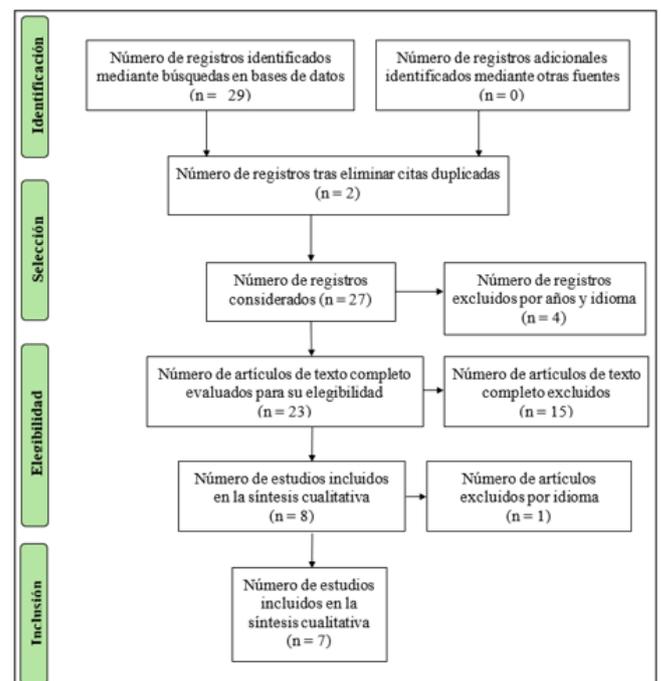


Figura 1. Criterio de Exclusión e Inclusión PRISMA.

Fuente: Los autores.



Los criterios de inclusión incluyeron la consideración de artículos publicados entre 2021 y 2024, en idiomas español e inglés, que estuvieran disponibles gratuitamente y que contaran con un identificador de objeto digital (DOI). Se excluyeron tesis, libros y artículos que no estuvieran directamente relacionados con el tema de blockchain en la educación superior o la validación de certificados.

La información extraída de los artículos no se limitó a los objetivos de estudio, metodologías utilizadas, resultados principales o sus conclusiones; sino que se sometieron a un análisis cualitativo centrado en identificar tendencias, discrepancias y posibles lagunas en la investigación. Este análisis buscó comprender la profundidad y el alcance de la aplicación de la tecnología blockchain en el ámbito de la educación superior con un enfoque particular en la validación y emisión de certificados.

La síntesis cualitativa involucró la integración de los hallazgos individuales de los estudios seleccionados para construir una comprensión holística del cuerpo de conocimiento existente.

El método de exclusión aplicado para la consideración de artículos científicos en la presente investigación se documenta en la Figura 1. Este proceso sistemático asegura la calidad de la literatura analizada proporcionando una base sólida para conclusiones fiables y recomendaciones prácticas, además; detalla el número de artículos que avanzaron a través de cada etapa del proceso de revisión, desde la identificación inicial de los registros hasta la inclusión final en la síntesis cualitativa. Este enfoque meticuloso subraya la importancia de adherirse a un protocolo estandarizado para garantizar la integridad y validez del análisis de literatura en investigaciones sistemáticas.

En la Tabla 2 se presenta una síntesis de los estudios relevantes incluidos en esta revisión sistemática. Esta tabla organiza de manera clara y concisa la información pertinente de los estudios seleccionados, distribuyendo los títulos de los artículos bajo tres categorías principales que reflejan las áreas temáticas abordadas en la presente investigación. Estas categorías fueron determinadas mediante un análisis exhaustivo de los temas emergentes y recurrentes encontrados en la literatura revisada, permitiendo una agrupación coherente y representativa de los distintos enfoques y aspectos abordados en nuestro estudio:

- Validación y Autenticación de Certificados.
- Seguridad y Prevención de Fraude.
- Adopción e Innovación Tecnológica en Educación.

Los estudios incluidos en la categoría de Validación y Autenticación de Certificados se centran en la aplicación de la tecnología blockchain para asegurar la integridad y autenticidad de los documentos educativos, lo cual es crucial para evitar la falsificación y facilitar la verificación de credenciales académicas

Tabla 2. Clasificación de Artículos por Categoría y Autores.

Categoría	
Validación y Autenticación de Certificados	
Autores	Títulos
Manjunatha & Usha (2023)	CERTIFICATE VALIDATION USING BLOCKCHAIN TECHNOLOGY
Rahardja et al. (2021)	Immutable Ubiquitous Digital Certificate Authentication Using Blockchain Protocol
Castro & Au-Yong-Oliveira (2021)	Blockchain and higher education diplomas
Seguridad y Prevención de Fraude	
Ninda Lutfiani et al. (2022)	Academic Certificate Fraud Detection System Framework Using Blockchain Technology
Adopción e Innovación Tecnológica en Educación	
Ramos & Queiroz (2022)	Blockchain in education the influence of trust on adoption and implementation
Jaramillo & Piedra (2021)	Un marco de trabajo basado en tecnología blockchain para mejorar la trazabilidad y la confianza en el intercambio de información entre Instituciones de Educación Superior

Fuente: Los autores.

a nivel global. Por su parte, los artículos bajo la categoría de Seguridad y Prevención de Fraude destacan la capacidad de blockchain para combatir el fraude y mejorar la confianza en los procesos académicos y administrativos. Finalmente, la categoría de Adopción e Innovación Tecnológica en Educación reúne estudios que exploran cómo la confianza, la colaboración y las nuevas estructuras descentralizadas pueden influir positivamente en la adopción y el impacto de blockchain en el sector educativo.

Esta clasificación no solo proporciona una visión estructurada de la literatura actual, sino que también facilita a los lectores, académicos y profesionales de la educación la identificación de las tendencias y contribuciones más significativas en el campo de blockchain aplicado a la educación. de Adopción e Innovación Tecnológica en Educación reúne estudios que exploran cómo la confianza, la colaboración y las nuevas estructuras descentralizadas pueden influir positivamente en la adopción y

el impacto de blockchain en el sector educativo.

Esta clasificación no solo proporciona una visión estructurada de la literatura actual, sino que también facilita a los lectores, académicos y profesionales de la educación la identificación de las tendencias y contribuciones más significativas en el campo de blockchain aplicado a la educación.

2.3 Metodología de desarrollo de software

En la Tabla 3 proporcionada por Rodríguez López et al. (2023) se detalla la metodología SCRUM aplicada al desarrollo de proyectos. Esta tabla destaca las técnicas clave usadas en esta metodología ágil, como el tamaño adaptable del grupo, el enfoque en la ejecución de sprints en un período de tiempo fijo y el control de avance a través de reuniones. Se resalta la importancia del desarrollo incremental donde los cambios no son permitidos

Tabla 3. Metodología SCRUM.

Técnicas	SCRUM
Tamaño del grupo	Adaptable al tamaño necesario.
Enfoque	Ágil, centrado en la flexibilidad, el trabajo en equipo, y la entrega iterativa de características del producto.
Relación cliente/proyecto	Colaborativa, con el cliente participando activamente durante las revisiones de sprint y proporcionando retroalimentación.
Alcance del proyecto	Definido de manera incremental, con la capacidad de adaptarse a cambios basados en retroalimentación y prioridades.
Ciclo de iteraciones	Compuesto por sprints, cada uno con duración fija (2-4 semanas), durante los cuales se desarrolla un incremento del producto.
Control de avance	A través de reuniones semanales para revisiones de sprint, y la utilización de un tablero SCRUM para visualizar el progreso.
Desarrollo incremental	Se enfoca en la entrega de partes funcionales del producto al final de cada sprint, permitiendo ajustes basados en retroalimentación.
Colaboración	Alta, entre todos los miembros del equipo y con el cliente, utilizando herramientas y prácticas que fomentan la comunicación y la transparencia.
Planificación	Dinámica, con planificación de sprint al inicio de cada iteración, donde se seleccionan tareas del backlog para desarrollar basándose en prioridades y capacidad del equipo.

Fuente: Adaptado de Rodríguez López et al. (2023)

hasta la finalización de cada sprint, promoviendo la colaboración y la autonomía del equipo, así como una jerarquización de tareas basada en la prioridad del negocio. Esta estructuración ofrece una visión clara de cómo SCRUM facilita la gestión eficiente y flexible de proyectos de desarrollo de software alineándose con las necesidades y la dinámica del mercado actual.

2.3 Desarrollo del prototipo

El desarrollo de la aplicación web se llevó a cabo utilizando la metodología de SCRUM; una estrategia enfocada en la entrega rápida y eficiente de productos de software de alta calidad. Este enfoque permitió estructurar el proyecto en fases claramente definidas, desde la concepción inicial hasta la entrega final, asegurando una alineación constante con los objetivos.

En la Figura 2 se muestra la arquitectura de la aplicación web basada en la metodología SCRUM mediante sprints la cual ilustra el despliegue del contrato inteligente implementado en Ganache hasta ser consumido por la aplicación web creada con Flask, centrándose en el flujo de emisión de certificados, mostrando la secuencia en la que tras activar el contrato inteligente la aplicación web confirma la operación para luego proceder con la generación de los certificados, además; detalla el proceso mediante el cual Flask registra cada certificado en una colección de MongoDB, incluyendo metadatos esenciales como el identificador del certificado, fecha de emisión y datos del beneficiario. Este diagrama se convierte en un recurso esencial para el desarrollo garantizando la integración y funcionamiento cohesivo de los componentes del sistema. Este enfoque facilita la automatización eficiente y segura de la emisión de certificados, asegurando al mismo tiempo un registro claro e inmutable de todas las operaciones realizadas.

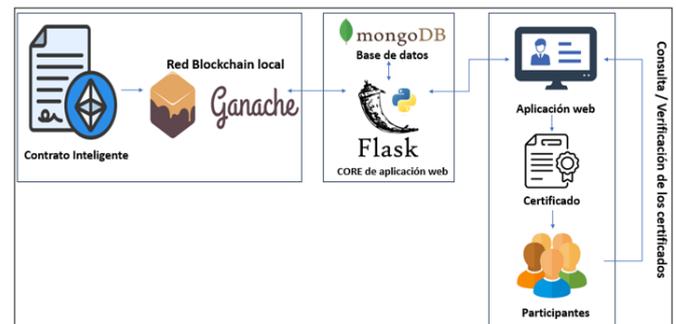


Figura 2. Arquitectura de la Aplicación.

Fuente: Los autores.

Después de detallar la arquitectura subyacente de la aplicación el siguiente paso es examinar el núcleo funcional del sistema: el contrato inteligente escrito en Solidity (.sol) responsable de la emisión y validación de certificados. Este contrato inteligente actúa como el eje central en la red de blockchain local de Ganache donde se definen y ejecutan las reglas de negocio para garantizar la autenticidad y la integridad de los certificados emitidos. A continuación, se presenta el código principal del contrato que ilustra la lógica operativa para la creación de certificados digitales verificables y la estructura de datos para



su almacenamiento y recuperación. Este fragmento de código es crucial ya que demuestra la implementación práctica de la tecnología blockchain para la gestión segura y descentralizada de las credenciales.

Las Figuras 3 y 4 ilustran funciones clave dentro del ecosistema del contrato inteligente para la gestión de certificados: la emisión y la consulta.

3. Resultados y Discusión

3.1 Resultados de revisión literaria

Los resultados obtenidos de la estrategia de búsqueda avanzada y sistemática revelan una distribución interesante de la literatura seleccionada sobre la aplicación de la tecnología blockchain en la educación superior, específicamente en la validación y emisión de certificados. Como parte del compromiso con la transparencia y el rigor metodológico se presenta un análisis detallado de la

```
1 function emitirCertificado(address receptor, string memory datos) public soloEmisorAutorizado returns (bytes32) {
2     bytes32 idCertificado = keccak256(abi.encodePacked(block.timestamp, msg.sender, receptor, datos));
3     certificados[idCertificado] = CertificadoStruct(idCertificado, msg.sender, receptor, datos, true);
4     emit CertificadoEmitido(idCertificado, msg.sender, receptor);
5     contadorCertificadosValidos++;
6     return idCertificado;
7 }
```

Figura 3. Función de Emisión de Certificados en el Contrato Inteligente.

Fuente: Los autores.

```
1 function consultarDatosCertificado(bytes32 idCertificado) public view returns (string memory) {
2     require(certificados[idCertificado].id != 0, "El certificado no existe");
3     return certificados[idCertificado].datos;
4 }
```

Figura 4. Función de Validación de Certificados en el Contrato Inteligente.

Fuente: Los autores.

La Figura 3 exhibe la función emitirCertificado, la cual no solo genera un identificador único para cada certificado por medio de la función keccak256 y lo registra en la cadena de bloques, sino que también incrementa el conteo de certificados válidos, facilitando un rastreo efectivo de las credenciales. En complemento, la Figura 4 presenta consultarDatosCertificado, un procedimiento que confirma la validez y accede a la información de un certificado mediante su identificador único, esencial para la transparencia y la disponibilidad de la información de los certificados en la plataforma. Estas dos funciones subrayan la eficiencia y la seguridad inherentes al proceso de certificación digital.

Asimismo, con la Figura 5 (a) y (b) observamos funciones cruciales para la aplicación web, presentan los métodos para emitir y consultar los certificados.

distribución de los artículos seleccionados entre las bases de datos utilizadas en la investigación.

Esta investigación se refleja en las observaciones de Manjunatha & Usha (2023), quienes destacaron la seguridad y la rapidez de la verificación offline de certificados digitales convirtiéndolos en tokens usando la tecnología blockchain. Asimismo, se alinea con los hallazgos de Lutfiani et al. (2022), que resaltaron la capacidad de la tecnología blockchain para prevenir el fraude de certificados académicos. La revisión aporta a este campo al proponer una plataforma web que no solo asegura la autenticidad de los certificados, sino que también facilita su gestión, marcando así un paso adelante en la integración tecnológica para la educación superior.

El análisis de las fuentes de información no solo permite entender la prevalencia de los temas relacionados con blockchain en distintos repositorios académicos sino también reflejar la amplitud

```

A
1 def emitir_certificado(self, receptor, datos):
2     try:
3         nonce = self.web3.eth.get_transaction_count(self.emisor_address)
4         tx = self.contract.functions.emitirCertificado(
5             receptor, datos
6         ).build_transaction({
7             'from': self.emisor_address,
8             'nonce': nonce,
9             'gas': 2000000,
10        })
11
12        # Firma la transacción
13        signed_tx = self.web3.eth.account.sign_transaction(
14            tx, self.emisor_private_key)
15
16        # Envía la transacción y espera a que sea minada
17        tx_hash = self.web3.eth.send_raw_transaction(signed_tx.raw_transaction)
18        tx_receipt = self.web3.eth.wait_for_transaction_receipt(tx_hash)
19
20        # Procesar y devolver el resultado
21        event = self.contract.events.CertificadoEmtido().process_receipt(tx_receipt)
22        if event:
23            certificado_id = event[0][\"args\"][\"idcertificado\"].hex()
24            return certificado_id, tx_receipt.transactionHash.hex()
25        else:
26            return None, None
27    except Exception as e:
28        print(f\"Error al emitir el certificado: {e}\")

```

```

B
1 def consultar_datos_certificado(self, id_certificado_hash_str):
2     try:
3         id_certificado_hash = Web3.to_bytes(hexstr=id_certificado_hash_str)
4         datos_certificado = self.contract.functions.consultarDatosCertificado(id_certificado_hash).call()
5         return datos_certificado
6     except Exception as e:
7         print(f\"Error al consultar el certificado: {e}\")
8         return None

```

Figura 5. Conector a la red blockchain en flask. (a) Función emitir_certificados; (b) Función consultar_datos_certificados. Fuente: Los autores.

de búsqueda, diversidad de enfoques y contextos considerados. Tal diversificación es crucial para una comprensión holística del estado actual del arte y para identificar tanto convergencias como divergencias en la investigación existente.

En la Figura 6 se muestra que de los artículos científicos seleccionados de las bases de datos consultadas para este estudio las contribuciones de las fuentes de información son equitativas, lo que demuestra un enfoque de búsqueda exhaustivo, una representación balanceada de las bases de datos académicas y científicas.

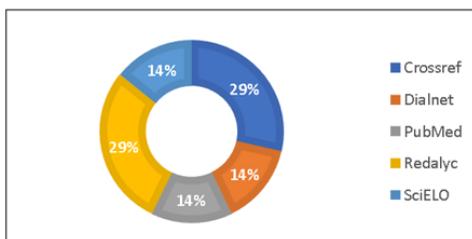


Figura 6. Distribución Porcentual por Revista. Fuente: Los autores.

De acuerdo con el gráfico:

- Crossref y PubMed representan cada uno el 29% del total de artículos seleccionados, siendo las fuentes más contribuyentes. Esto indica una fuerte presencia de investigaciones relevantes para el tema de tecnología blockchain en educación superior en estas plataformas.
- Dialnet y SciELO aportan cada uno un 14% al total de artículos seleccionados, lo que sugiere una participación significativa que complementa la investigación con perspectivas adicionales y posiblemente regionales.

- Redalyc, con otro 14%, contribuye en igual medida que Dialnet y SciELO, reafirmando la importancia de incluir fuentes variadas para obtener un espectro completo de la literatura disponible.

Un aspecto clave en la evaluación del progreso científico en cualquier área de estudio es la consideración de cómo ha cambiado la cantidad de investigación publicada a lo largo del tiempo. Este análisis temporal no solo permite observar las tendencias en la investigación, sino también inferir el interés y la evolución de un campo en particular. En el presente estudio sobre la aplicación de la tecnología blockchain en la educación superior la distribución anual de las publicaciones proporciona una perspectiva del crecimiento o declive en la actividad de investigación a lo largo de los años considerados.

La Figura 7 presenta la suma de publicaciones científicas por año desde el comienzo del período de estudio en 2021 hasta el año 2023. Así, se observan las tendencias y variaciones en el volumen de literatura disponible indicando los patrones de interés y desarrollo tecnológico académico, además; se evidencia que el número de publicaciones se mantuvo constante en los dos primeros años, con seis publicaciones entre 2021 y 2022. Sin embargo, se aprecia una notable disminución en 2023, donde solo se ha registrado una publicación, cabe destacar que en el año 2024 no se evidencia alguna publicación respecto al tema de investigación. Este descenso podría atribuirse a una serie

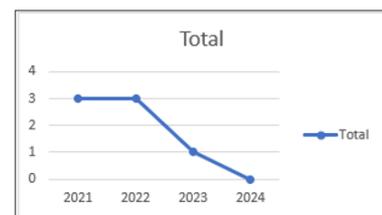


Figura 7. Publicaciones Científicas por año 2021-2024. Fuente: Los autores.



de factores incluyendo la maduración del campo de estudio, cambios en las prioridades de financiación de la investigación o posiblemente un desplazamiento hacia temas emergentes relacionados.

Además, es importante considerar el impacto de la pandemia de COVID-19 en el panorama de investigación. Según Demirbaş & İncekara (2020), la pandemia ha llevado a un enfoque intensificado en la aplicación de tecnologías blockchain en el sector de la salud para abordar desafíos urgentes, como la entrega de medicamentos a los pacientes. Esta atención concentrada en la salud durante la pandemia puede haber desviado recursos y atención lejos de la investigación de certificados digitales, lo que posiblemente contribuyó al descenso observado en el número de publicaciones durante este período. Sin embargo, este fenómeno también podría representar una oportunidad futura para explorar la integración de la tecnología blockchain en la autenticación de certificados digitales, especialmente a medida que se reconoce su importancia en situaciones de crisis como la pandemia de COVID-19.

3.2 Resultados del prototipo

3.2.1 Aplicación web desarrollado en Flask

En los resultados obtenidos del prototipo de aplicación web de emisión y validación de certificados basado en tecnología blockchain se presentarán figuras que demuestran la efectividad y eficiencia de esta solución, estas evidencias subrayan la capacidad de la propuesta para mejorar significativamente la gestión de certificados académicos marcando un hito en la innovación educativa.

Los resultados obtenidos a través de la aplicación web demuestran la eficiencia y la usabilidad del sistema desarrollado. Un ejemplo de esta funcionalidad es la creación de cursos tal como se ve en la Figura 8 cuyo formulario web permite registrar un nuevo curso usando una interfaz de usuario garantizando la recogida coherente de los datos necesarios; lo que asegura la precisión en el proceso de certificación. Este formulario recopila información esencial como el identificador del curso, nombre, departamento responsable, categoría, período académico que se realizó el curso, descripción, fecha de expiración, duración, participantes y detalles de los firmantes. La capacidad de capturar estos detalles de manera estructurada y sistemática es fundamental para la correcta emisión de certificados y la posterior verificación de su validez.

La emisión de certificados constituye una de las funcionalidades más críticas de la plataforma. La Figura 9 muestra la interfaz dedicada a la simplificación del proceso al permitir al usuario seleccionar un curso de un conjunto predefinido de cursos lo cual asegura que los certificados se emitan de una manera

Figura 8. Formulario de creación de Curso.

Fuente: Los autores.

Figura 9. Formulario de emisión de certificados por Curso.

Fuente: Los autores.

segura. Una vez seleccionado el curso, la aplicación llama la función que se muestra en la figura 5 (a), interactuando con el contrato inteligente en la blockchain de Ganache para generar un certificado con un identificador único. Este proceso no solo mejora la experiencia del usuario al minimizar el esfuerzo requerido para emitir certificaciones, sino que también mantiene la integridad del sistema al asegurar que cada certificado sea trazable y esté vinculado inequívocamente a su curso y participante correspondiente. La automatización de este proceso representa un avance significativo en la administración de certificados educativos y profesionales, evidenciando el valor agregado de la integración de la tecnología blockchain en soluciones educativas.

Tras la emisión completa de los certificados correspondientes a los participantes del curso seleccionado, la Figura 10 ilustra una interfaz para listar los cursos cuyos certificados han sido previamente emitidos facilitando así la consulta de su información pertinente. Esta interfaz presenta datos esenciales como el nombre del participante, el curso asociado, así como las fechas de emisión y de expiración del certificado, permitiendo



Figura 10. Consulta de certificados dentro del sistema.

Fuente: Los autores.

además su descarga. Por otro lado, en la Figura 11 se exhibe el certificado en su formato PDF, accesible tras la ejecución de la opción de descarga. Este documento refleja la plantilla estandarizada y adaptada a los criterios visuales de la institución emisora, asegurando así la coherencia y el reconocimiento formal de la certificación.

El escaneo del código QR presente en el certificado redirige al usuario hacia un endpoint específico de la aplicación web. Dicho



Figura 11. Certificado emitido en formato PDF.

Fuente: Los autores.

endpoint está diseñado para mostrar detalles críticos respecto a la validación del curso dentro de la red blockchain y el sistema correspondiente como se muestra en la Figura 12, la interfaz desplegada proporciona información esencial relacionada con el curso, permitiendo además a los usuarios la opción de descargar el certificado o realizar consultas sobre otros certificados.

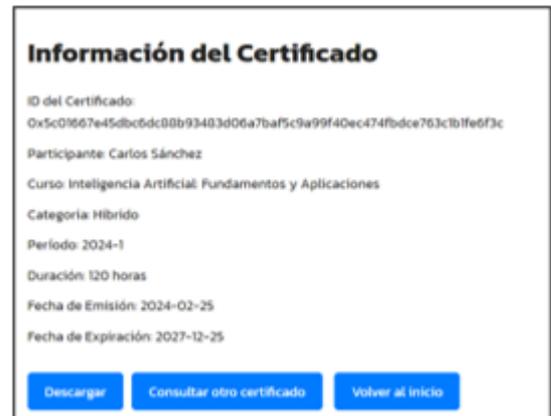


Figura 12. Interfaz de resultado de consulta y validación de certificado.

Fuente: Los autores.

Adicionalmente, en el caso de que el ID del certificado resulte ser inválido o no sea localizado dentro del sistema, se genera y presenta un mensaje de alerta dirigido al usuario. Este mecanismo de notificación está ilustrado en la Figura 13, destacando la importancia de proveer retroalimentación inmediata y precisa en situaciones donde la validación del certificado enfrenta obstáculos.

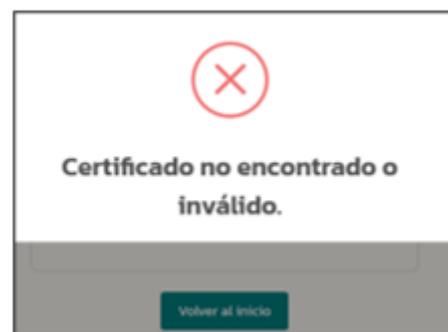


Figura 13. Alerta de un certificado no valido dentro del sistema y la red blockchain.

Fuente: Los autores.

3.2.2 Contrato desplegado en la red local de Ganache

La Figura 14 ofrece una representación visual de la interfaz del contrato inteligente utilizado para la emisión y validación de certificados en la red blockchain. Se observa la dirección única del contrato, el hash de la transacción de creación y el balance

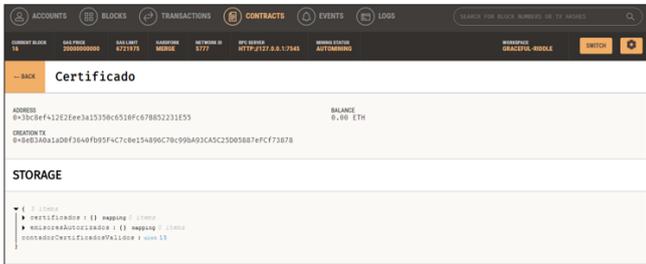


Figura 14. Contrato desplegado.

Fuente: Los autores.

de Ether asociado, lo que refleja la infraestructura económica subyacente del sistema. La sección STORAGE muestra las variables de estado cruciales del contrato: un contador de certificados válidos emitidos y dos mapeos que gestionan los identificadores de certificados y las autoridades emisoras. Esta interfaz es fundamental para garantizar la transparencia y la integridad de los procesos de validación de certificados, al proporcionar un acceso inmutable y verificable a los datos dentro del ecosistema de la cadena de bloques.

Asimismo, la Figura 15 muestra en detalle una transacción específica dentro de la red blockchain que corresponde a la función de emisión de un certificado. Se identifica la dirección del remitente y la dirección del contrato inteligente del certificado junto con el valor de la transacción y el gas utilizado. La sección TX DATA contiene los datos codificados enviados durante la transacción que incluyen la función del contrato inteligente llamada y los parámetros pasados tales como la dirección del receptor y los datos del certificado. Estos datos reflejan la ejecución de la función emitirCertificado, que se traduce en la creación de un certificado con información detallada como la identificación del curso, el nombre del participante, y las fechas de emisión y expiración, entre otros. La inmutabilidad de esta



Figura 15. Transacción al emitir un certificado.

Fuente: Los autores.

transacción asegura la veracidad del certificado emitido en la cadena de bloques.

En cuanto a la visualización proporcionada por la Figura 16, se exhibe el evento emitido como resultado de la transacción en la red blockchain. Este registro es crucial ya que certifica la emisión de un nuevo certificado, se detalla el nombre del contrato, Certificado, y la firma decodificada de la función que indica que se ha invocado el evento CertificadoEmitido. Los valores devueltos incluyen el identificador único del certificado, la dirección del emisor y la del receptor. El hash de la transacción y la marca de tiempo exacta del bloque en el que se minó la transacción son también visibles, proporcionando una pista auditiva inmutable y confiable que respalda la integridad del proceso de certificación.



Figura 16. Evento de la transacción de la emisión del certificado.

Fuente: Los autores.

3.2.3 Control y Evaluación del Rendimiento

Para abordar el control y la evaluación del rendimiento de la aplicación web, se ha optado por emplear la normativa ISO/IEC 25010. Esta elección se basa en el reconocimiento internacional de esta normativa como un marco sólido y exhaustivo para la evaluación de la calidad del software. Dado el enfoque en mejorar la eficiencia de rendimiento; esta norma proporciona una estructura bien definida que permite analizar específicamente este aspecto crucial en la entrega de servicios digitales de alta calidad.

Al aplicar esta normativa, se asegura un enfoque sistemático y riguroso para identificar áreas de optimización y garantizar una experiencia óptima para los usuarios.

A través del análisis detallado de los registros de peticiones, se puede observar la eficiencia general de la aplicación evidenciada por tiempos de respuesta rápidos en operaciones críticas como la creación de cursos, listado de usuarios y gestión de certificados. Sin embargo; también se han identificado áreas de optimización particularmente en la emisión y descarga de certificados, donde

los tiempos de respuesta son superiores a lo esperado.

La presentación de datos a través de Tabla 4 permite una visualización de la eficiencia del sistema, diferenciando entre operaciones de rutina y aquellas que requieren atención para su optimización. A pesar de la eficiencia general observada, se identificaron ciertas operaciones, específicamente la emisión (0.7s) y descarga de certificados (1.85s), que presentan tiempos de respuesta superiores a los esperados. En una proyección para la emisión de 100 certificados, se observa que el tiempo de procesamiento total es de 9.9 segundos. En un mismo ejercicio, pero considerando aumentar el número de certificados, en esta ocasión subiendo a 200 podría tomar unos 20 segundos aproximadamente; detectando que el tiempo de transacción dependerá del número de certificados que se desee emitir por curso. La optimización de la emisión y descarga de certificados permitirá alcanzar un nivel superior de satisfacción del usuario, especialmente en aquellas funcionalidades que demandan un mayor procesamiento.

Tabla 4. Tiempos de Respuesta.

Tipo de Petición	Código de Estado	Tiempo de Respuesta
POST /certificate/certificados-emitted-list-cursos	200	0.03s
GET /curso/list	200	0.02s
POST /certificate/emitir-cursos	302	0.7s
GET /certificate/download-certificado/...	200	1.85s

Fuente: Los autores.

3.2.4 Análisis de costos

En la revisión del análisis de costos del proyecto, es crucial comprender el despliegue del contrato inteligente tanto en la red de ganache como a través de Truffle en el entorno local, ya que estos sirven como puntos de referencia para evaluar el costo total de la transacción en ETH, la criptomoneda utilizada en el proceso. La Figura 17 muestra un resumen del total de despliegues del contrato y su costo final, proporcionando así un valor aproximado basado en los datos recopilados durante el proceso de despliegue con Truffle.

```
Summary
=====
> Total deployments: 1
> Final cost: 0.002905895878146126 ETH
```

Figura 17. Resumen de costo final del despliegue del contrato.

Fuente: Los autores.

En comparación con el valor del costo final, que equivale a 0,002905895878146126 ETH, se puede calcular su equivalente en dólares utilizando la calculadora de conversión de criptomonedas de www.coinbase.com, con datos actualizados hasta el 6 de marzo de 2024, como se muestra en la Figura 18.



Figura 18. Costo en dólares del despliegue del contrato.

Fuente: Coinbase (2024)

Además, el análisis de los certificados emitidos revela un consumo promedio de 380339 unidades de gas por transacción al interactuar con el contrato. Convertido a criptomoneda, este consumo equivale a 0,00380339 ETH por certificado, como se visualiza en la conversión a dólares de la Figura 19.



Figura 19. Costo en dólares de la emisión de un certificado.

Fuente: Coinbase (2024)

Al proyectar el escenario donde una institución emite aproximadamente 200 certificados mensuales, se estima un valor cercano a los 2932,00 USD. Este análisis resulta fundamental para establecer una referencia en cuanto al costo de matrícula de los cursos y ajustar sus precios de manera adecuada, considerando la viabilidad financiera y la equidad para los estudiantes.

Además, es importante considerar que, si bien es posible enviar una ráfaga de peticiones para emitir entre 100 y 200 certificados en un día, el costo podría variar dependiendo del momento en que se realicen las transacciones. Factores como la demanda de la red y su congestión pueden influir en el costo de las transacciones en la blockchain. Sin embargo, para nuestro caso de uso, esta variación no sería significativa ya que las peticiones no se extenderán por un período prolongado. En el peor de los casos, los costos podrían fluctuar si al inicio de las transacciones hay una alta demanda de la criptomoneda utilizada.

Es esencial considerar que el despliegue de la aplicación web puede presentar variaciones significativas según la elección entre implementarla en servidores propios de la institución o recurrir a servicios externos. Esta decisión debe alinearse con las políticas internas del departamento de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), teniendo en cuenta aspectos como la seguridad de los datos, la disponibilidad del servicio y los costos asociados. Un análisis detallado de estas opciones es imprescindible para tomar una decisión informada y garantizar el éxito del proyecto en su conjunto.

4. Conclusiones

Mediante un análisis detallado y la creación de un prototipo



funcional, se ha destacado el notable potencial de la tecnología blockchain para transformar la gestión de certificaciones académicas, promoviendo la autenticidad y la integridad de los documentos emitidos. La exitosa implementación de un contrato inteligente en una red blockchain propia, acompañada de una interfaz de usuario intuitiva y segura, ha validado tanto la factibilidad técnica como la pertinencia práctica de esta tecnología en entornos educativos.

La utilización de tecnologías como Flask para el desarrollo del aplicativo web, Ganache para la implementación de una red blockchain local, y MongoDB para almacenar un registro de transacciones como respaldo institucional, ha facilitado la creación de un panorama integral para el prototipo de una plataforma de emisión y validación de certificados. Sin embargo, al observar los tiempos de respuesta en la generación de certificados en formato PDF, se evidencia la necesidad de explorar alternativas para optimizar estos procesos. Este hallazgo subraya la importancia de considerar diferentes herramientas y enfoques tecnológicos para garantizar una experiencia de usuario óptima en la adopción de la tecnología blockchain en entornos educativos.

La investigación resalta el potencial de la tecnología blockchain para transformar la gestión de certificaciones académicas, cuya incidencia es significativa en la adopción tecnológica. Esta perspectiva se evidencia en la solicitud de una dirección de cuenta o wallet al registrar a los participantes en los cursos para emitir certificados, lo que marca la normalización del uso de estas herramientas en el sistema. Al vincular los datos esenciales del certificado con la dirección de cuenta del participante cada transacción queda registrada en la red blockchain garantizando transparencia al permitir a cualquier persona verificar la autenticidad y propiedad legítima del certificado emitido.

El estudio ha dedicado esfuerzos significativos a la evaluación del rendimiento del sistema propuesto, asegurando tanto su eficacia operativa como la sostenibilidad del modelo en términos de escalabilidad y mantenimiento. Es importante tener en cuenta que estas pruebas se realizaron en una red blockchain local utilizando Ganache. Los tiempos de emisión de certificados obtenidos en este entorno pueden no reflejar con precisión el rendimiento esperado en un entorno de producción con una red mucho más grande y distribuida. En un entorno de producción, factores como la latencia de red, la congestión y la capacidad de procesamiento de los nodos pueden influir en los tiempos de ejecución de las operaciones en la blockchain. Por lo tanto,

es necesario realizar pruebas exhaustivas en un entorno de producción para evaluar con precisión el rendimiento del sistema en condiciones reales.

A través de un análisis de costos, se ha demostrado que existen beneficios a largo plazo debido a la reducción de costos operacionales que justifican la inversión; esto se debe a la optimización, automatización de procesos, la reducción de intermediarios, la mejora en la eficiencia operativa y la gestión de datos, así como la transparencia y la integridad mejoradas. Es importante tener en cuenta el costo del gas utilizado en las transacciones dentro de la red blockchain, el cual puede ser variable y experimentar incrementos, añadiendo un elemento de volatilidad al costo total. Sin embargo, la capacidad de realizar un seguimiento, control de rendimiento en tiempo real promueve una mejora continua y una gestión eficiente de los recursos, lo que contribuye a maximizar la rentabilidad y la efectividad del sistema en su conjunto.

Para futuros estudios se recomienda concentrarse en superar las barreras de adopción específicas para implementar blockchain a gran escala en entornos educativos. Un área de enfoque podría ser el desarrollo y la validación de marcos de competencias digitales para educadores y estudiantes, asegurando que la blockchain no solo mejore la emisión de certificados, sino que también apoye métodos de enseñanza innovadores. Otra línea de investigación podría examinar la interoperabilidad entre diferentes sistemas educativos y plataformas blockchain, facilitando un intercambio de información seguro y eficiente a nivel global. Además, sería valioso explorar cómo la blockchain puede contribuir a la creación de portafolios digitales de estudiantes, permitiendo una validación transparente, verificable de habilidades y logros académicos. Estos campos de estudio abordarían las aplicaciones técnicas de la blockchain en la educación además de considerar sus implicaciones éticas, sociales y legales, contribuyendo a un ecosistema educativo más inclusivo, equitativo y eficiente.

Agradecimientos

Deseamos manifestar profunda gratitud hacia nuestros mentores en la revisión y mejora del artículo de la Universidad Técnica de Machala, cuya asistencia y guía han sido cruciales en nuestro proyecto investigativo. Asimismo, agradecemos a los familiares y amigos de Los autores de este estudio por su apoyo esencial, aunque indirecto, que ha sido clave para su realización. Su soporte constante ha representado una importante motivación y fortaleza durante el proceso.

Contribución de los autores

Freddy Stalin Lamar Peña: Administración del proyecto, Investigación, Redacción-borrador y Metodología. **Geovanny Andrés Vega Mite:** Conceptualización, Investigación, revisión y edición del artículo. **Joofre Antonio Honores Tapia:** Metodología, revisión y edición del artículo. **Oscar Efrén Cárdenas Villavicencio:** Investigación, Redacción-borrador.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Apéndice o Anexo

Clase del conector blockchain

class BlockchainConnector:

```
def __init__(self):
    provider_url = GANACHE_URL
    self.web3 = Web3(Web3.HTTPProvider(provider_url))

    contract_path = CONTRACT_PATH
    contract_address = CONTRACT_ADDRESS

    with open(contract_path) as file:
        contract_json = json.load(file)
        contract_abi = contract_json['abi']

    self.contract = self.web3.eth.contract(
        address=contract_address, abi=contract_abi)
    self.emisor_address = EMISOR_ADDRESS
    self.emisor_private_key = EMISOR_PRIVATE_KEY

def is_connected(self):
    return self.web3.is_connected()

def emitir_certificado(self, receptor, datos):
    try:
        nonce = self.web3.eth.get_transaction_count(self.emisor_
address)
        tx = self.contract.functions.emitirCertificado(
            receptor, datos
        ).build_transaction({
            'from': self.emisor_address,
            'nonce': nonce,
```

```
        'gas': 2000000,
        })
    # Firma la transacción
    signed_tx = self.web3.eth.account.sign_transaction(
        tx, self.emisor_private_key)

    # Envía la transacción y espera a que sea minada
    tx_hash = self.web3.eth.send_raw_transaction(signed_tx
.tx.rawTransaction)
    tx_receipt = self.web3.eth.wait_for_transaction_receipt(tx_
hash)

    # Procesar y devolver el resultado
    event = self.contract.events.CertificadoEmitido().process_
receipt(tx_receipt)
    if event:
        certificado_id = event[0]['args']['idCertificado'].hex()
        return certificado_id, tx_receipt.transactionHash.hex()
    else:
        return None, None
except Exception as e:
    print(f"Error al emitir el certificado: {e}")

def consultar_datos_certificado(self, id_certificado_hash_str):
    id_certificado_hash = Web3.to_bytes(hexstr=id_certificado_
hash_str)

    try:
        datos_certificado = self.contract.functions.
consultarDatosCertificado(
            id_certificado_hash).call()
        return datos_certificado
    except Exception as e:
        print(f"Error al consultar el certificado: {e}")
        return None

def contar_certificados_validos(self):
    try:
        cantidad = self.contract.functions.contarCertificadosValidos().
call()
        return cantidad
    except Exception as e:
        print(f"Error al contar los certificados válidos: {e}")
```



return None

Función para emitir certificados

```
def emitir_certificado_cursos():
    if request.method == 'POST':
        try:
            id_curso = request.form.get('id_curso')
            if id_curso:
                curso_emitir = curso_service.find_curso_by_id(id_curso)
                if not curso_emitir:
                    flash('Curso no encontrado o inválido.', 'error')
                    return redirect(url_for('.emitir_certificado_cursos'))

                fecha_emision = datetime.now().strftime('%Y-%m-%d')

                datos_curso = 'id_curso:' + id_curso + ' - Curso: ' +
                curso_emitir.nombre + ' - Departamento: ' + \
                curso_emitir.departamento + ' - Categoría: ' + curso_
                emitir.categoria + \
                ' - Periodo: ' + curso_emitir.periodo + ' - Duración: ' +
                curso_emitir.duracion + \
                ' - Fecha de emision: ' + fecha_emision

                if curso_emitir.fecha_expiracion:
                    datos_curso += ' - Fecha de expiración: ' + curso_emitir.
                    fecha_expiracion

                participantes = curso_emitir.participantes

                for participante in participantes:
                    if participante['Estado'] == 'espera' or participante['Estado']
                    == 'fallido' or participante['Estado'] == 'pendiente':
                        nombre = participante['Nombre']
                        email = participante['Email']
                        receptor = participante['Wallet']
                        datos = datos_curso + ' - Participante: ' + nombre +
                        ' - Email: ' + email

                        try:
                            certificado_id, tx_hash = certificado_service.emitir_
                            certificado(
```

receptor, datos)

except Exception as e:

```
    curso_service.update_participante_estado(
        id_curso, participante['Cedula'], 'fallido')
```

```
    flash(
```

```
        'Error al emitir el certificado. Por favor, intente
        de nuevo. Consulte el saldo de la cuenta que esta emitiendo los
        certificados', 'error')
```

```
    return redirect(url_for('.emitir_certificado_cursos'))
```

if certificado_id:

```
    certificado_id = '0x' + certificado_id
```

```
    qr_example_img = qrcode.make(
```

```
    URL_CONSULTA_CERTIFICADO + f'{{certificado_
    id}}')
```

```
    qr_bytes_io = BytesIO()
```

```
    qr_example_img.save(qr_bytes_io)
```

```
    qr_bytes_io.seek(0)
```

```
    ruta_qr = base64.b64encode(
```

```
        qr_bytes_io.read()).decode('utf-8')
```

```
    curso_datos = {
```

```
        'id_curso': id_curso,
```

```
        'nombre': curso_emitir.nombre,
```

```
        'descripcion': curso_emitir.descripcion,
```

```
        'departamento': curso_emitir.departamento,
```

```
        'categoria': curso_emitir.categoria,
```

```
        'periodo': curso_emitir.periodo,
```

```
        'duracion': curso_emitir.duracion,
```

```
        'firmantes': curso_emitir.firmantes_info
```

```
    }
```

```
    if curso_emitir.fecha_expiracion:
```

```
        curso_datos['fecha_expiracion'] = curso_emitir.
```

```
        fecha_expiracion
```

```
participante_datos = {
    'Nombre': nombre,
    'Email': email
}

curso_service.update_participante_estado(
    id_curso, participante['Cedula'], 'emitido'
)

certificado_dao.guardar_ruta_certificado(
    certificado_id, ruta_qr, tx_hash, curso_datos,
    participante_datos, fecha_emision)

flash('Certificado emitido con éxito', 'success')

return redirect(url_for('.emitir_certificado_cursos'))
else:
    flash(
        'Error al emitir el certificado. Por favor, intente de
        nuevo.', 'error')
    return redirect(url_for('.emitir_certificado_cursos'))
except Exception as e:
    flash('Error al emitir el certificado. Por favor, intente de
    nuevo.', 'error')
    return redirect(url_for('.emitir_certificado_cursos'))

cursos_con_espera = []
cursos = curso_service.list_cursos()
for curso in cursos:
    for participante in curso['participantes']:
        if participante['Estado'] == 'espera':
            cursos_con_espera.append(curso)
            break

return render_template('emitir_certificado_cursos.html',
cursos=cursos_con_espera)
```

Referencias bibliográficas

Ali, A. A. M. A., Mabrouk, M., & Zrigui, M. (2022). A Review: Blockchain Technology Applications in the Field of Higher Education. *Journal of Hunan University Natural Sciences*, 49(10), 88–99. <https://doi.org/10.55463/issn.1674-2974.49.10.10>

Anwar, A. S., Rahardja, U., Prawiyogi, A. G., Santoso, N. P. L., & Maulana, S. (2021). iLearning Model Approach in Creating Blockchain Based Higher Education Trust. *International Journal of Artificial Intelligence Research*, 6(1). <https://doi.org/10.29099/ijair.v6i1.258>

Ayub Khan, A., Laghari, A. A., Shaikh, A. A., Bourouis, S., Mamlouk, A. M., & Alshazly, H. (2021). Educational Blockchain: A Secure Degree Attestation and Verification Traceability Architecture for Higher Education Commission. *Applied Sciences*, 11(22), 10917. <https://doi.org/10.3390/app112210917>

Barquero Morales, W. G. (2022). Prism analysis as a methodology for systematic review: A general approach. *Saúde em Redes*, 8(sup1), 339–360. <https://doi.org/10.18310/2446-4813.2022v8nsup1p339-360>

Castro, R. Q., & Au-Yong-Oliveira, M. (2021). Blockchain and Higher Education Diplomas. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 11(1), 154–167. <https://doi.org/10.3390/ejihpe11010013>

Demirbaş, D., & İncekara, A. (2020). The Role of Blockchain in The COVID-19 Pandemic. *The COVID-19 Pandemic and Its Economic, Social, and Political Impacts*, 27. <https://doi.org/10.26650/B/SS46.2020.006.03>

Ghaffar, A., & Hussain, M. (2019). BCEAP - A Blockchain Embedded Academic Paradigm to Augment Legacy Education through Application. *Proceedings of the 3rd International Conference on Future Networks and Distributed Systems*, 1–11. <https://doi.org/10.1145/3341325.3342036>

Jaramillo, M. P., & Piedra, N. (2020). A blockchain model proposal for the decentralized management of academic credentials in Ecuadorian universities. *2020 9th International Conference On Software Process Improvement (CIMPS)*, 94–102. <https://doi.org/10.1109/CIMPS52057.2020.9390104>

Jaramillo, M. P., & Piedra, N. (2021). Un marco de trabajo basado en tecnología blockchain para mejorar la trazabilidad y la confianza en el intercambio de información entre Instituciones de Educación Superior. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, 41(03), 97–111. <https://doi.org/10.17013/risti.41.97-111>

Krichen, M., Ammi, M., Mihoub, A., & Almutiq, M. (2022). Blockchain for Modern Applications: A Survey. *Sensors*, 22(14), 5274. <https://doi.org/10.3390/s22145274>

Lizama-Perez, L. A., & López R., J. M. (2021). Non-Invertible Public Key Certificates. *Entropy*, 23(2), 226. <https://doi.org/10.3390/e23020226>

Lutfiani, N., Apriani, D., Nabila, E., & Lutfilah, H. (2022). Academic Certificate Fraud Detection System Framework Using Blockchain Technology. *Blockchain Frontier*





Technology, 1(2), 55–64. <https://doi.org/10.34306/bfront.v1i2.55>

Mahamatov, N., Kuvnakov, A., & Yokubov, B. (2020). Application of Blockchain Technology in Higher Education. 2020 *International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICISCT50599.2020.9351424>

Manjunatha, M., & Usha, J. (2023). CERTIFICATE VALIDATION USING BLOCKCHAIN TECHNOLOGY. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 5, 1481–1485. <https://www.doi.org/10.56726/IRJMETS44801>

Morales Carrillo, J. J., Cedeño Valarezo, L. C., Pinargote Bravo, V. J., Cajape Bravo, J. S., & Ormaza Calderón, J. G. (2023). Aplicación multiplataforma de modelo computacional predictivo. *Informática y Sistemas: Revista de Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones*, 7(2). <https://doi.org/10.33936/isrtic.v7i2.5832>

Rahardja, U., Hidayanto, A. N., Putra, P. O. H., & Hardini, M. (2021). Immutable Ubiquitous Digital Certificate Authentication Using Blockchain Protocol. *Journal of Applied Research and Technology*, 19(4), 308–321. <https://doi.org/10.22201/icat.24486736e.2021.19.4.1046>

Ramos, C. R. D. S., & Queiroz, M. M. (2022). Blockchain in education: The influence of trust on adoption and implementation. *RAUSP Management Journal*, 57(3), 316–331. <https://doi.org/10.1108/RAUSP-06-2021-0097>

Rodríguez López, M. A., Becerra Auz, A. F., & Ulloa Meneses, L. J. (2023). Aplicación de realidad aumentada como herramienta de apoyo para el aprendizaje del idioma inglés. *Revista Cognosis*, 8(1), 55–66. <https://doi.org/10.33936/cognosis.v8i1.5518>

Calculadora y conversor de criptomonedas Coinbase. (2024). @Coinbase. <https://www.coinbase.com/es/convertir>