



Educación

Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

TECTIZAPIC®

Revista Académico-Científica

**Tecnológico Nacional de México
Instituto Tecnológico de Ciudad Valles**

**Vol. 11 N°2
ISSN: 2444-4944
DICIEMBRE 2025**

"Calidad Educativa Para La Productividad"

DIRECTORIO

MAP. Héctor Aguilar Ponce
Director TecNM / I. T. de Ciudad Valles

Dr. Desiderio Leines Medina
Subdirector de Servicios Administrativos

Dra. Azucena de los Ángeles Gutiérrez Reyes
Subdirectora de Planeación y Vinculación

Dra. Karina Berlanga Reséndiz
Subdirectora Académica

CONSEJO EDITORIAL

MAP. Héctor Aguilar Ponce

Presidente

Dra. Karina Berlanga Reséndiz

Secretaria Académica

Dra. Azucena De Los Ángeles Gutiérrez Reyes

*Secretaria de Relaciones Internas y
Externas*

Dr. Desiderio Leines Medina

Secretario de Finanzas y Comercialización

Dr. Jaime Jesús Delgado Meraz

Secretario Técnico

M.E. Zenayda Saldierna Cepeda

*Jefa de Información y Jefa de Edición y
Producción*

M.T.I. Nitgard Zapata Garay

Jefe de Edición Digital

Lic. Leticia Delgado Velázquez

Jefa de Resguardo

CÓMITE CIENTÍFICO

Dr. José Porfirio González Farías

Docente investigador del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Celaya, Posgrado en Gestión Administrativa.

Dr. Mariano Mendoza Elos

Docente investigador del Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de Roque, División de Investigación de Posgrado e Investigación.

Dra. Laura Georgina Vázquez
Lara de la Cruz

Docente Investigador del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Celaya

COORDINACIÓN DE PUBLICACIÓN

M.E. Zenayda Saldierna Cepeda
Jefa del Departamento de Comunicación y Difusión.

Dra. Mariela Ramona Michel Michel
Editora

REGISTRO ANTE EL IMPI – No. 2550676

Nombre: TECTZAPIC

Tec- En referencia al origen de la revista del Instituto Tecnológico de Ciudad Valles.

Tzapic – Significa “fuerte” en el idioma Tének de la región de la Huasteca.

ÍNDICE

Presentación	1
Normas para autores	2
Análisis de Impacto al Calentamiento Atmosférico generado por Sistemas de Climatización en Edificios de una Institución Educativa: Consumo eléctrico y uso de gases Refrigerantes. <i>Analysis of Atmospheric Warming Impact Generated by Air Conditioning Systems in Educational Institution Buildings: Electrical Consumption and Refrigerant Gas Usage.</i> Omar Murrieta Pozos, Baldomero Ponce Medina, Zenaida Saldierna Cepeda, Ma. Concepción Saldierna Cepeda.	6
TRADUSEÑAS: SISTEMA DE TRADUCCIÓN DE LENGUAJE DE SEÑAS MEXICANO A TEXTO. <i>TRADUSEÑAS: MEXICAN SIGN LANGUAGE TRANSLATION SYSTEM TO TEXT.</i> Nestor Moises Castillo Bautista, Julián García Villedas, Luis Ángel Posadas del Toro, Jaime Jesús Delgado Meraz.	16
EcoMind: Una plataforma educativa que potencia la educación ambiental en niños de nivel básico. <i>EcoMind: An educational platform that enhances environmental education in elementary school children.</i> Karen Rojas Zaragoza, Horacio García Aldape, Roberto Hernández Grimaldo, Arisbeth Camacho Montero.	25
SERVICECONNECT: INNOVACIÓN TECNOLÓGICA PARA FACILITAR LA BUSQUEDA DE SERVICIOS LOCALES EN CIUDAD VALLES, SAN LUIS POTOSÍ. <i>SERVICECONNECT: TECHNOLOGICAL INNOVATION TO FACILITATE THE SEARCH FOR LOCAL SERVICES IN CIUDAD VALLES, SAN LUIS POTOSI.</i> Horacio García Aldape, Sergio Alfonso González Trejo, Rigoberto Espinoza Huerta.	34
DESARROLLO DE UN SOFTWARE COLABORATIVO PARA COMPARTIR RECURSOS ACADÉMICOS DIGITALES. <i>DEVELOPMENT OF COLLABORATIVE SOFTWARE FOR SHARING DIGITAL ACADEMIC RESOURCES.</i> Andrea Yamileth Martínez Muñiz, Miguel Ángel Montoya Cruz, Fernando Domingo Espinoza, Marcelo Uribe Davila.	44

Nenek-World: plataforma digital bilingüe en lengua tenek para la integración de saberes tradicionales y agroindustriales. 56

Nenek-World: a bilingual digital platform in the Tenek language for integrating traditional and agro-industrial knowledge.

M.V. Molina Cantú, J.M. Salazar Mata, M. López Hernández, M.M. Hernández Hernández.

Aplicación móvil para consulta académica: prototipo para Mindbox en el Instituto Tecnológico de Ciudad Valles. 67

Mobile Application for Academic Consultation: Prototype for Mindbox at the Technological Institute of Ciudad Valles.

Sergio Manuel Pozos Moran, Nitgard Zapata Garay, Omar Espinoza Guerra, Servado Rodolfo Carrillo Guetierrez.

PRESENTACIÓN

Una Institución de Nivel Superior se caracteriza por el parámetro de excelencia educativa que la distingue, la responsabilidad académica que va más allá de la imagen propuesta y que, en vías de un desarrollo que amerita reconocimiento con base a la experiencia de cuarenta dos años, propone y promueve en la Región de la Huasteca Potosina, una docencia y una investigación de gran alcance y compromiso, en lo que compete al proceso enseñanza-aprendizaje, apegado al modelo y enfoque por competencias.

Si bien es sabido, algunos teóricos, al referirse a la investigación como trabajo intelectual avalado por fuentes originales, cuyo fundamento sostiene su credibilidad y permanencia, sostienen que la verdadera intencionalidad creadora de proponer alternativas posibles encaminadas a una también posible solución, es resultado de teoría y praxis, cuya exposición y aplicación participativa, perfecciona lo establecido, innova lo investigado, corrobora lo previamente propuesto, sostiene con nuevos y/o novedosas aportaciones que el problema a investigar, es de alguna u otra manera inacabable y siempre susceptibles de nueva búsqueda y cambio. Por lo que, en general y substancialmente, la investigación da pie a procesos asiduos y permanentes cuya amplitud cognoscitiva, definitivamente conlleva responsabilidad, compromiso y respeto por el trabajo propio y por el de los demás.

TECTZAPIC, “Tecnológico Fuerte” es una revista semestral, con revisión por pares, dirigida y arbitrada por el Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Ciudad Valles; editada y mantenida por Servicios Académicos Intercontinentales S.L. con el apoyo de Grupo EUMED.NET.

Todos los artículos publicados en esta revista son indexados en bases de datos científicas internacionales a través de los índices: **Latindex, IdeasRepec, Dialnet, Researchgate y Google Scholar.**

Público al que va dirigida

Esta revista está dirigida a todo tipo de público, principalmente a los interesados en los temas publicados: profesores, estudiantes, investigadores y lectores en general.

Política de acceso abierto

Esta revista provee acceso libre inmediato a su contenido bajo el principio de poner disponible gratuitamente toda la información posible.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Nacional del Derecho de Autor.

NORMAS PARA AUTORES

Es necesario como parte del proceso de envío de un artículo para su publicación en la revista Tectzapic, los autores deben verificar el cumplimiento de los elementos aquí solicitados ya que deben seguir las reglas descritas. En caso de no cumplir con las directrices les será devuelto el manuscrito a los autores.

Los artículos deberán cumplir con el requisito de originalidad, utilizar la plantilla adjunta, en formato de Microsoft Word, con el tipo de letra Times Roman 12 pts., espacio entre líneas de 1.0, texto con alineación justificada. La extensión debe ser de un mínimo de 10 a un máximo de 15 páginas.

El artículo debe tener los apartados de: Introducción, Métodos, Resultados, Discusión, Conclusiones y las Referencias.

Es necesario se envíen dos archivos, uno que no contenga ninguna referencia a las identidades de los autores; y otro con los datos que se solicitan en la plantilla del artículo.

Tiempo de respuesta máximo. Será de 90 días desde el cierre de la convocatoria de la recepción a la publicación.

Solicitar la plantilla para el artículo y carta de los autores al correo de oficinaeditorial@tecvalles.mx

1. Título. El título en español e inglés, en su redacción debe ser explícito y de forma concisa reflejar el contenido del trabajo.

2. Autoría. Nombre(s) completo(s) y apellidos completos de los autores, el organismo o centro de trabajo y correo electrónico del contacto de correspondencia. Es importante incluir el número de filiación ORCID. (En caso de no estar registrado lo puede hacer de forma gratuita en el siguiente enlace: <https://orcid.org/register>).

3. Resumen. En un párrafo de máximo 15 líneas (en español e inglés) se deberá plasmar la síntesis de la investigación, presentando el objetivo, la metodología utilizada, los resultados más importantes y las principales conclusiones. No debe contener resultados que no correspondan a la investigación.

4. Palabras clave. Presentar cinco conceptos separados por comas, estos términos deben ser relevantes del artículo y no aparecer en el título. Se recomienda emplear los tesauros Unesco.

5. Redacción del texto y presentación. Al redactar debe ser con un lenguaje claro, conciso y coherente. Los textos serán escritos en español.

6. Tablas y figuras. Se presentarán en el cuerpo del texto. después de mencionarla por primera vez. Estarán numeradas de acuerdo con su aparición y cada una llevará su título breve, claro y descriptivo, El título de la figura o tabla debe aparecer una línea debajo del número. Utilice cursiva en el título. En caso de ser necesario alguna explicación deberá ir al pie como “nota”, así como con la indicación de la fuente correspondiente, en caso de que esta sea tomada de otro autor.

Todas las tablas y figuras se deben enviar también en formato JPEG, en un único archivo comprimido ZIP o RAR. Las fotografías y figuras tendrán una resolución mínima de 300 píxeles por pulgada para su publicación.

7. Fórmulas y/o expresiones matemáticas. Deberán insertarse en el propio Word o LibreOffice, pero en ningún caso irán incorporadas como imágenes.

8. Resultados y discusión. Descripción lógica, precisa de los resultados obtenidos. Se debe resumir los datos recolectados y el tratamiento estadístico que se les realizó. Cuando no se aplican análisis estadísticos o cuantitativos, los resultados pueden ser frases o afirmaciones que resuman la información de manera clara.

9. Conclusiones. En esta parte se derivan conclusiones, Se hacen recomendaciones para otras investigaciones, se analizan las implicaciones de la investigación y se establece cómo se respondieron las preguntas de investigación y si se cumplieron o no los objetivos.

9. Referencias. Desarrollará un listado de los materiales citados en el texto, estos son los que dan soporte a su artículo.

Las referencias siguientes deben ser en formato APA 7 <https://normas-apa.org/> Todas las referencias citadas en el artículo deben estar con la información completa en la sección correspondiente de “REFERENCIAS”, cuando esta sea un artículo que tenga DOI, deberá indicarse siempre.

Ejemplos de citas que aparecen en el cuerpo del texto

En caso de ser citas textuales solamente en caso de ser menos de 40 palabras se presenta incrustada en el texto entre comillas o si la cita tiene 40 palabras o más debe ser presentada en bloque, a parte del texto, y siempre al final anotar la página de la misma.

Ejemplo: Interpretando los resultados, Smith (2001) sugiere que la “aptitud para...” (p.421)

Las citas parafraseadas son cuando se presenta ideas o información de alguna investigación de un autor, pero en palabras propias del que redacta el artículo; esto permite resumir, sintetizar y comparar autores de referencia. Siempre se debe incluir el apellido del autor y el año de publicación. Al parafrasear no es obligatorio incluir el número de la página del autor citado.

Ejemplo:

El porcentaje de consumo de calorías en la década superó por en un 100 % a la anterior. (Ramírez, 2021).

Ejemplo:

Según Blanco (2019) la aprobación crediticia es indispensable (pp. 30–31).

Para citar un estándar, una norma técnica o una directriz de calidad en el Estilo APA, debes proporcionar el autor, la fecha, el título y la fuente del trabajo. Después del título, proporcione cualquier número o identificador para el estándar entre paréntesis sin cursiva.

Ejemplo: cita norma

(Organización que hizo el estándar, año).

Referencia

Organización que hizo el estándar. (año). Título de la norma (Norma núm. 1234). <https://www.url.com>

Citar corporaciones, instituciones o fundaciones como autores. Cuando la autoría es el nombre de un corporativo o asociación. Sólo se abrevia el nombre completo de la institución a un acrónimo apropiado, cuando la abreviatura sea bien conocida (una universidad famosa o una institución como la ONU, por ejemplo). En caso de ser un organismo poco conocido, deberá escribir el nombre completo en la primera cita e inserte la abreviatura entre paréntesis/corchetes

después del nombre completo. En las siguientes citas, puedes utilizar la abreviatura.

Ejemplo de citas:

(Asociación Americana para el Avance de la Ciencia [AAAC], 2014, p. 18)

Siguientes citas

(AAAC, 2014, p. 90)

Citas secundarias. Se refiere al contenido original presentado en otra publicación. Preferentemente utilizar la cita original, de no ser posible siga estas instrucciones cuando cite una fuente secundaria:

- En la lista de referencias, proporcione una entrada para la fuente secundaria que utilizó.
- En el texto, identifique la fuente primaria y escriba “como se citó en” y apunte la fuente secundaria.
- Si se conoce el año de publicación de la fuente primaria, inclúyalo también en la cita del texto.

Ejemplo: Se está parafraseando un trabajo de González (2020) en el que cita la investigación de Fuentes (1981), se cita el trabajo de González como la fuente original, seguido del trabajo de Fuentes. Solo el trabajo de González debe aparecer en la lista de referencias.

Cita en paréntesis

(Fuentes, 1981, como se citó en González, 2020)

Cita narrativa

Fuentes (1981, como se citó en González, 2020) presenta su descubrimiento de los beneficios de tomar agua...

Citas con más de un autor. Cuando se cita una fuente que tiene tres, cuatro o cinco autores, todos los autores se incluyen la primera vez que la fuente sea citada. Cuando esa fuente se cita de nuevo, se utiliza el apellido del primer autor y "et al".

Cada una de las citas deberá incluirse en el apartado correspondiente de REFERENCIAS, al final del artículo en extenso y sólo se incluirán las referencias que se hayan citado en el trabajo. Por lo tanto, no se integrarán otras complementarias, aunque se consideren de interés para el tema. Ejemplo: (Hernández et al., 2019).

ENVÍO DE ARTÍCULO

Deberá anexar en su envío los siguientes archivos.

- Dos versiones del texto del artículo (original y anonimizada).
- Declaración de autoría firmada.
- Tablas y figuras en un único fichero comprimido en formato ZIP o RAR

Los archivos complementarios deben cargarse como diferentes componentes del artículo.

Para los artículos autorizados y previo a su publicación

Se enviará al autor de correspondencia la prueba de su artículo para ser revisada en un plazo máximo de tres días. En las pruebas no se permitirán modificaciones adicionales a las observadas. Una vez se realice la publicación definitiva, se notificará de ello al autor de correspondencia.

Análisis de Impacto al Calentamiento Atmosférico generado por Sistemas de Climatización en Edificios de una Institución Educativa: Consumo eléctrico y uso de gases Refrigerantes

Analysis of Atmospheric Warming Impact Generated by Air Conditioning Systems in Educational Institution Buildings: Electrical Consumption and Refrigerant Gas Usage

Recibido: 13 de octubre de 2025
Aceptado: 31 de diciembre de 2025

Omar Murrieta Pozos
TecNM Instituto Tecnológico de Ciudad Valles
<https://orcid.org/0009-0008-0847-4944>
Autor de correspondencia:
omar.murrieta@tecvalles.mx
Baldomero Ponce Medina
TecNM Instituto Tecnológico de Ciudad Valles
<https://orcid.org/0009-0000-7957-5007>
Zenayda Saldierna Cepeda
TecNM Instituto Tecnológico de Ciudad Valles
<https://orcid.org/0009-0005-8832-1988>
Ma. Concepción Saldierna Cepeda
TecNM Instituto Tecnológico de Ciudad Valles
<https://orcid.org/0009-0001-1523-637X>

RESUMEN

Se presenta un análisis del consumo eléctrico y el uso de gases refrigerantes en los sistemas de climatización de edificios con mayor demanda energética de una institución de educación de nivel superior en una zona cálida. El objetivo es evaluar el impacto total equivalente de calentamiento atmosférico (TEWI) producido por efectos directos e indirectos por emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Para llevar a cabo este análisis, se recopilaron datos técnicos de una muestra de 132 unidades de climatización de tipo dividido, incluyendo información sobre la potencia eléctrica, la capacidad nominal de enfriamiento, la ratio de eficiencia energética estacional (SEER), el tipo y la carga de gases refrigerantes utilizados en cada unidad. Los resultados mostraron que los equipos de climatización tenían un impacto significativo en la huella de carbono total, contribuyendo de manera importante a las emisiones de GEI. Se identificó que todas las unidades instaladas operaban con gases refrigerantes de alto potencial de calentamiento atmosférico (PCA) y el 51% con gases del tipo Hidroclorofluorocarbonos (HCFC) con un alto potencial de agotamiento de la capa de ozono (PAO), además se encontró que la mayoría de los equipos contaban con ratios de Eficiencia Energética Estacional (SEER) de clase D y E categorizadas en el rango de alto consumo energético. Este estudio subraya la necesidad de lograr la transición hacia tecnologías de alta eficiencia energética y respetuosas con el medio ambiente, así como el manejo de gases refrigerantes de cuarta generación de química compleja, promover el mantenimiento como elemento clave en el control de la carga y modernización de las instalaciones como medidas esenciales para reducir el impacto en el calentamiento atmosférico.

Palabras clave: Análisis de Impacto, Calentamiento Atmosférico, Sistemas de Climatización, Consumo eléctrico, Gases Refrigerantes.

Abstract

An analysis of electrical consumption and the use of refrigerant gases in the air conditioning systems of high-energy-demand buildings at a higher education institution in a warm region is presented. The objective is to

evaluate the total equivalent warming impact (TEWI) caused by direct and indirect greenhouse gas (GHG) emissions. To conduct this analysis, technical data were collected from a sample of 132 split-type air conditioning units, including information on electrical power, nominal cooling capacity, seasonal energy efficiency ratio (SEER), the type, and the load of refrigerant gases used in each unit. The results showed that the air conditioning equipment had a significant impact on the total carbon footprint, making a significant contribution to GHG emissions. It was identified that all installed units operated with refrigerant gases of high global warming potential (GWP), and 51% used Hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) with a high potential for ozone layer depletion (ODP). Additionally, it was found that the majority of the equipment had Seasonal Energy Efficiency Ratio (SEER) ratings of class D and E, categorized in the high energy consumption range. This study underscores the need to transition to high-energy efficiency and environmentally-friendly technologies, as well as the management of complex chemistry fourth-generation refrigerant gases. It promotes maintenance as a key element in load control and facility modernization as essential measures to reduce the impact on atmospheric warming."

Keywords: Impact Analysis, Atmospheric Heating, Air Conditioning Systems, Electrical Consumption, Refrigerant Gases

INTRODUCCIÓN

La creciente conciencia sobre los efectos del cambio climático y la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero han generado un renovado interés en la evaluación de la sostenibilidad de diversas actividades humanas, entre ellas, los sistemas de climatización en edificios. Estos sistemas, aunque esenciales para brindar comodidad en entornos cerrados, pueden tener un impacto significativo en la huella de carbono y el calentamiento atmosférico debido al consumo de energía eléctrica y al uso de gases refrigerantes.

Las edificaciones son responsables de una parte significativa del consumo de energía y, por lo tanto, de las emisiones de gases de efecto invernadero (Mazria, 2008) debido a su alto consumo de energía para su funcionamiento y mantenimiento.

En el futuro se empleará más energía enfriando que calentando. El cambio climático intensifica la demanda ya existente de energía residencial e industrial, climas más calientes demandan más aire acondicionado y climas fríos demandan calefacción. El aumento de la demanda puede afectar el diseño de calefacción y enfriamiento de edificios (La, Cambia, & Clima, 2016).

El mundo se enfrenta a una inminente crisis de electricidad. El uso de aires acondicionados y ventiladores eléctricos para mantenerse fresco representa casi el 20% del total de la electricidad utilizada en edificios de todo el mundo en la actualidad. Y esta tendencia está destinada a crecer a medida que el crecimiento económico y demográfico del mundo se concentra más en países más cálidos. A medida que los ingresos y los estándares de vida aumenten, más personas querrán naturalmente comprar y usar aires acondicionados para mantenerse frescos. Por ello un acceso más amplio a la refrigeración es lo que aporta beneficios al desarrollo humano, la salud, el bienestar y la productividad económica. Pero tendrá un impacto significativo en la demanda energética total de los países, ejerciendo presión sobre las redes eléctricas y aumentando las emisiones locales y globales. Sin embargo, existe una enorme oportunidad de influir rápidamente en el crecimiento de la demanda de energía relacionada con la refrigeración a través de políticas para mejorar la eficiencia de los equipos (IEA, 2018).

La adopción de tecnologías y prácticas más eficientes en el consumo de energía eléctrica en sistemas de climatización, como el uso de sistemas de calefacción y refrigeración de alta eficiencia, la optimización de los sistemas de distribución de aire y la implementación de sistemas de gestión energética avanzados, puede tener un impacto significativo en la reducción

de las emisiones de gases de efecto invernadero (Lovins, 2011).

Si se mejora la eficiencia energética de la industria de la refrigeración y los electrodomésticos como aires acondicionadores, se pueden cortar entre 210.000 y 460.000 millones de toneladas de emisiones de dióxido de carbono en las próximas cuatro décadas, asegura un informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente: Cooling Emissions and Policy Synthesis Report (UNEP, 2020)

La refrigeración contribuye significativamente al cambio climático debido a las emisiones de Hidrofluorocarbonos (HFC), dióxido de carbono y carbono negro provenientes de la energía generada a partir de combustibles fósiles que alimenta los aires acondicionados y otros electrodomésticos (Carnemark, 2020).

Con la aprobación de la Enmienda de Kigali 10/2016 al Protocolo de Montreal (UNEP, 2016) y la Regulación F-Gas (European Commission, 2014), los gases tradicionalmente usados en el sector de la refrigeración han dejado paso a nuevos refrigerantes con menor Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA). Sin embargo, varias investigaciones han demostrado que el número de posibles refrigerantes sustitutos es escaso y todos ellos presentan al menos ligera inflamabilidad (McLinden, 2017, Skye, 2023) (a excepción del CO₂, pero debido a su complejidad técnica no es viable para instalaciones de media o baja potencia). En los últimos años y en la actualidad, se han realizado múltiples esfuerzos en la búsqueda de nuevos refrigerantes, generalmente enfocados a obtener una alta eficiencia energética (Calleja-Anta, 2020) y un comportamiento no inflamable (Bell & McLinden, 2019).

METODOLOGÍA

Método

El presente estudio adopta un enfoque de diseño de investigación observacional y documental, concebido con el propósito específico de evaluar el Impacto Total Equivalente de Calentamiento Atmosférico (TEWI). Este indicador se centra en la medición de la contribución al calentamiento atmosférico resultante tanto de la emisión directa a la atmósfera de gases refrigerantes, ya sea por fugas o un inadecuado manejo al final de la vida útil de los equipos de climatización, así como de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) generadas durante la producción de la energía eléctrica requerida para el funcionamiento de dichos equipos.

A efectos de garantizar el rigor epistémico y la trazabilidad de las variables analizadas en este estudio, se ha articulado una matriz de congruencia (ver Tabla 1).

Proyecto	Pregunta de Investigación	Objetivo General	Hipótesis	Variables
Análisis de Impacto al Calentamiento Atmosférico generado por Sistemas de Climatización en Edificios de una Institución Educativa: Consumo eléctrico y uso de gases Refrigerantes.	¿En qué medida contribuyen el consumo eléctrico y el uso de gases refrigerantes al Impacto Total Equivalente sobre el Calentamiento Atmosférico (TEWI) generado por los sistemas de climatización en una institución de educación superior ubicada en una zona cálida?	Evaluar el impacto total equivalente de calentamiento atmosférico (TEWI) producido por efectos directos (refrigerantes) e indirectos (energía) por emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en los sistemas de climatización de la institución.	El impacto ambiental indirecto, derivado del consumo eléctrico operativo a lo largo del ciclo de vida, contribuye en una proporción significativamente mayor al TEWI total que el impacto directo potencial de los gases refrigerantes.	Variables Independientes (Causas): 1. Eficiencia Energética: SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) y consumo eléctrico (kW) 2. Factor Refrigerante: Tipo de gas, carga (kg) y Potencial de Calentamiento Global (GWP). 3. Ciclo Operativo: Horas de uso anuales. Variable Dependiente (Efecto): Impacto ambiental total (TEWI) expresado en Toneladas de CO ₂ equivalente (Ton CO ₂ e), desagregado en emisiones directas e indirectas.

Tabla 1: Matriz de congruencia. Fuente: Propia

Población y Muestra

Los 132 equipos se seleccionaron como una muestra representativa del tamaño poblacional, que constaba de un total de 199 equipos de climatización. El tamaño de la muestra se determinó utilizando un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, lo que garantizó la representatividad de los datos recopilados.

La recopilación de datos técnicos de las unidades de climatización se realizó en un entorno real y operativo, con el respaldo de hojas de registro en las cuales se incluyó variables de ubicación del equipo, Corriente Eléctrica (I), Capacidad de enfriamiento (BTU/hr), voltaje de operación (V), Marca, Eficiencia energética estacional (SEER), tipo y cantidad de gas refrigerante, así como su potencia eléctrica (W).

Instrumento

Para verificar el voltaje y amperaje de operación, se utilizó una pinza amperimétrica digital para climatización. Además, se emplearon manómetros digitales de refrigeración para medir la presión y las temperaturas de los gases y así comprobar la veracidad de determinados datos de las fichas técnicas de los equipos.

Procedimiento de recogida y análisis de datos

Se realizó una medición detallada de las emisiones directas de gases de efecto invernadero (GEI) en las unidades de climatización. Los resultados de esta medición revelaron lo siguiente:

De los 132 equipos analizados, 69 de ellos operan con gases refrigerantes de segunda generación, caracterizados por un alto (PCA) y un alto Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono (PAO). La cantidad total de refrigerante utilizado en estos equipos ascendió a 0.12524 Toneladas.

Asimismo, se observó que 64 de los 132 equipos utilizaban gases del tipo R410, que también se caracterizan por su alto PCA. En este caso, la cantidad total de refrigerante empleado en los equipos alcanzó los 0.08123 Toneladas.

Figura 1

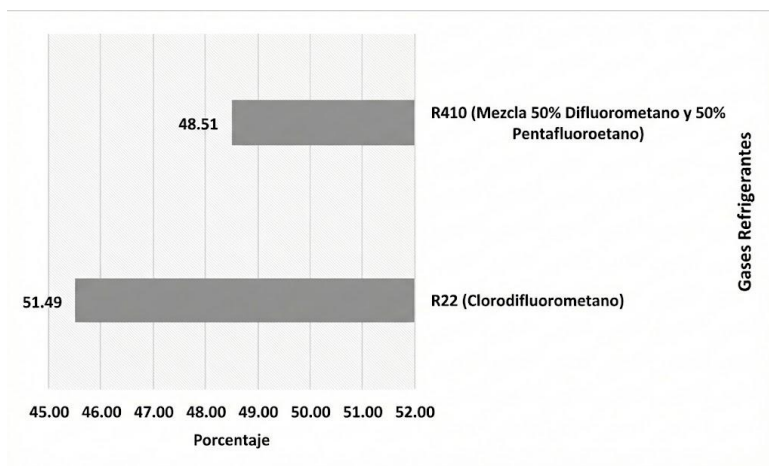


Figura 1: uso de gases refrigerantes en los equipos de aire acondicionado analizados. Fuente: Propia

Nota: En la presente gráfica se muestran los porcentajes de uso de gases refrigerantes en los equipos de aire acondicionado analizados. Fuente: Propia

El impacto ambiental de los refrigerantes utilizados en los sistemas de climatización es un aspecto crítico a considerar en este estudio. Es importante destacar que los valores de Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA) están estandarizados según el Protocolo de Montreal. Según este protocolo, el grupo de Hidroclorofluorocarbonos (HCFC), al que pertenece el refrigerante R22, se caracteriza por un PCA estandarizado de 1810. Por otro lado, el grupo de Hidrofluorocarbonos (HFC), al que pertenece el R410, presenta un PCA estandarizado de 2088.

Modelo de Evaluación del Impacto Total (TEWI)

Para determinar el impacto ambiental global de los sistemas de climatización se utilizó la fórmula para calcular el Impacto Total Equivalente sobre el Calentamiento Atmosférico (TEWI) que generalmente implica la suma de dos componentes principales: las emisiones directas de gases refrigerantes y las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas con la generación de energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de los sistemas de aire acondicionado.

$$TEWI = Emisiones Directas + Emisiones Indirectas$$

Cálculo de toneladas de CO₂ equivalente de emisiones directas

El progreso hacia el logro de los objetivos de reducción gradual de los HFC en virtud de la Enmienda de Kigali se medirá en toneladas de CO₂ equivalente. El cálculo de las toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) se basa en la fórmula fundamental que relaciona la masa de un gas refrigerante liberado con su Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA). La fórmula es la siguiente:

$$CO_2e = Masa \text{ (en toneladas)} \times PCA$$

Se valoraron las emisiones directas del gas refrigerante R22 (Clorodifluorometano) y R410 (una mezcla azeotrópica de 50% Difluorometano y 50% Pentafluoroetano). Estas estimaciones se expresan en términos de "Toneladas de CO₂e" (equivalentes de dióxido de carbono).

Para el R22, se estimaron emisiones equivalentes a 226.68 Toneladas de CO₂e. Esto significa que las emisiones directas de 125.24 kg de gas R22 tienen un impacto ambiental equivalente

a la emisión de 226.68 toneladas de dióxido de carbono.

Para el R410, se estimaron emisiones equivalentes a 169.61 Toneladas de CO₂e. En este caso, las emisiones directas de 81.23 kg de gas R410 tienen un impacto ambiental equivalente a la emisión de 169.61 toneladas de dióxido de carbono.

Estas cifras reflejan la contribución 396.29 Toneladas de CO₂e de estos gases refrigerantes a las emisiones directas de gases de efecto invernadero y su impacto en el calentamiento global es fundamental considerar estos valores al evaluar el impacto ambiental de los sistemas de climatización, especialmente cuando llega el final de su vida útil. Si no se realiza un tratamiento adecuado de recuperación de los gases refrigerantes al retirar o deshacerse de estos sistemas, pueden liberarse a la atmósfera, generar un impacto ambiental negativo.

Cálculo de toneladas de CO₂e de emisiones indirectas y proyección longitudinal

Las emisiones indirectas corresponden a la liberación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) asociada a la generación de la energía eléctrica consumida por los sistemas de climatización.

En base al análisis del consumo total de energía de los equipos por hora de operación, se determinó un consumo de energía eléctrica total de 0.3385 MWh por hora para el conjunto de equipos, con un consumo promedio por unidad de 2.526 kWh. Considerando la capacidad de enfriamiento total instalada de 307.6 Toneladas de Refrigeración (TR) y estableciendo un periodo de 168 horas de trabajo por unidad (una semana), se obtuvo un consumo total de energía de 56.874 MWh para la muestra representativa.

El cálculo base se realizó utilizando el Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional, vigente, mediante la ecuación:

$$E_{semanales} = C_{electrico_sem} \times FE_{SEN}$$

Donde $E_{semanales}$ son las emisiones semanales (kg CO₂e), $C_{electrico_sem}$ es el consumo eléctrico monitoreado (kWh) y FE_{SEN} es el factor de emisión del Sistema Eléctrico Nacional.

El factor de emisión eléctrica del Sistema Eléctrico Nacional más reciente correspondiente al año 2022 es de 0.435 tCO₂e/MWh. Este factor tiene en cuenta la generación de las centrales eléctricas que suministran energía a la red nacional, como se establece en la fracción XLIV del artículo de la Ley de la Industria Eléctrica Mexicana.

Aplicando este factor al consumo monitoreado, se estimó la generación por efectos indirectos de 24.740 Toneladas de CO₂e ($E_{semanales}$) en el periodo base de 7 días, lo que implica un impacto ambiental negativo significativo en el corto plazo.

Sin embargo, para cumplir con el criterio de análisis de ciclo de vida inherente al Impacto Total Equivalente sobre el Calentamiento Atmosférico (TEWI), se desarrolló un modelo de proyección longitudinal que ajusta estos datos transversales a un horizonte temporal de 10 años

Este modelo descarta la extrapolación lineal simple (52 semanas) y adopta un calendario operativo real ajustado de 46 semanas anuales. Este ajuste excluye explícitamente los periodos de inactividad académica de la institución: recesos intersemestrales y días festivos oficiales según la legislación local.

La proyección de emisiones indirectas acumuladas (E_{acum}) para el periodo de evaluación se define como:

$$E_{acum} = \sum_{n=1}^{10} (E_{semanales} \times 46)$$

Este enfoque metodológico permite contrastar de manera precisa la carga ambiental operativa (energía) frente a la carga química potencial (refrigerantes) a lo largo de la vida útil del activo.

Figura 2

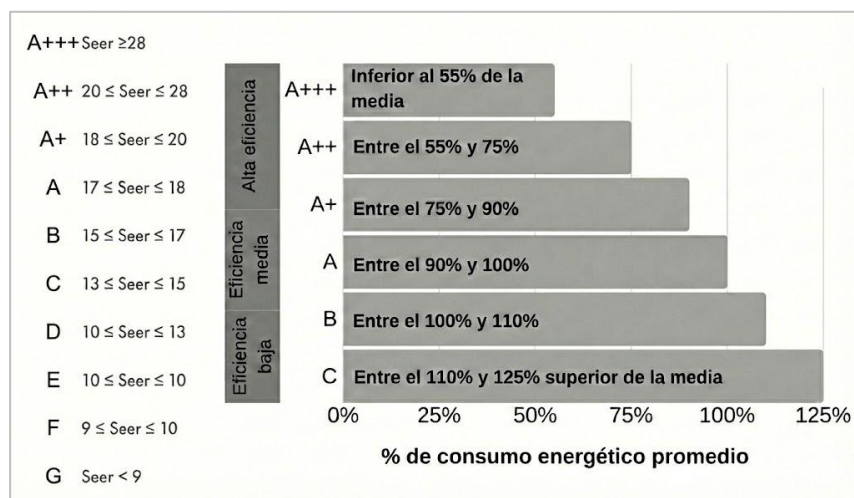


Figura 2: Interpretación de valores SEER

Nota: En la presente figura 2 se muestran los porcentajes de consumo energético promedio para equipos de aire acondicionado tipo dividido. Fuente: (LinkedIn, 2021)

Cabe destacar que la totalidad de los aires acondicionados analizados cuentan con índices de Eficiencia Energética Estacional (SEER) de clase E y D inferiores o igual a SEER = 13, categorizadas en el rango de alto consumo energético y con niveles de ruido considerables para estas clases.

RESULTADOS

Evaluación del Impacto Total Equivalente (TEWI)

Para determinar el impacto ambiental global de los sistemas de climatización, se aplicó la métrica TEWI, integrando tanto la carga química de los refrigerantes (impacto directo) como el consumo energético operativo (impacto indirecto).

Escenario A: Análisis Estático (Corto Plazo) En una primera aproximación, se calculó el impacto potencial asumiendo la liberación total del inventario de refrigerantes y sumando únicamente el consumo eléctrico de la semana monitoreada.

Por lo consecuente las emisiones directas del inventario total se estimaron en 396.29 Ton CO₂e y las emisiones indirectas a una semana fueron de 24.74 Ton CO₂e. Bajo este enfoque estático, se obtiene un TEWI estático de 421.03 Toneladas CO₂e.

Escenario B: Análisis Longitudinal (Ciclo de Vida)

Si bien el indicador estático de 421.03 Toneladas CO₂e ofrece una línea base, subestima drásticamente la realidad operativa. Al aplicar el Modelo de Proyección Longitudinal (ajustado a un calendario real de 46 semanas operativas por año durante una década), se

evidencia que las emisiones indirectas no se detienen, sino que se acumulan exponencialmente.

Como se detalla en la **Tabla 2**, al proyectar el consumo energético a 10 años, las emisiones indirectas ascienden a **11,380.4 Ton CO₂e**, cifra que contrasta totalmente al impacto de los gases refrigerantes.

Año Operativo	Emisiones Indirectas (Energía)	Emisiones Directas (Fugas*)	Impacto Total (TEWI)
1	1,138.0 Ton	39.6 Ton	1,177.7 Ton
3	3,414.1 Ton	118.9 Ton	3,533.0 Ton
5	5,690.2 Ton	198.1 Ton	5,888.3 Ton
7	7,966.3 Ton	277.4 Ton	8,243.7 Ton
10	11,380.4 Ton	396.3 Ton	11,776.7 Ton

*Nota: Se asume una tasa de fuga anual conservadora del 10% para el cálculo longitudinal.

Tabla 2: Proyección acumulada de emisiones (CO₂e) en un horizonte de 10 años. Fuente: Propia

Análisis de la Figura 3: La proyección longitudinal demuestra que el TEWI estático inicial (421 Ton CO₂e) representa apenas el 3.5% del impacto real del ciclo de vida. Al finalizar la década, el impacto total real será de 11,776.7 Ton CO₂e. Este hallazgo confirma que la obsolescencia energética (bajo SEER) es el factor dominante de contaminación en la institución (96.6%), muy por encima del riesgo químico de los refrigerantes R22/R410A.

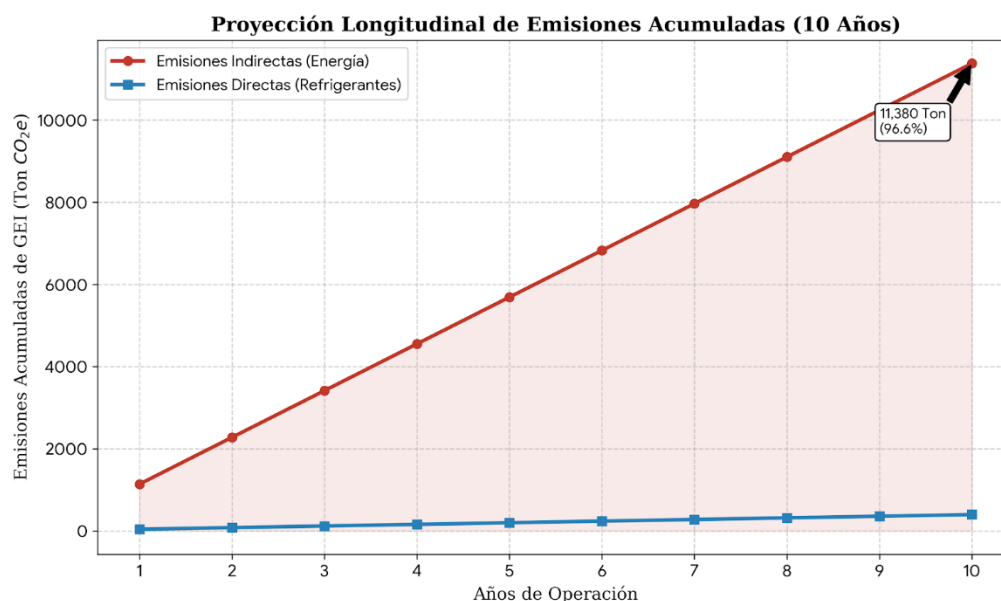


Figura 3: Proyección longitudinal del Impacto Total Equivalente sobre el Calentamiento Atmosférico (TEWI) acumulado a 10 años. Fuente: Propia

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

En el contexto de la Enmienda de Kigali 10/2016 al Protocolo de Montreal, en el cual se incluye México se acordó eliminar gradualmente el uso de gases refrigerantes HFC con un alto PCA mayores a 750, ya que contribuyen significativamente al calentamiento global. La presencia los gases refrigerantes R410 y R22 con los que operan los equipos analizados representan un alto impacto de PCA, es aconsejable darles una disposición final apropiada a

estos gases una vez finalizado el ciclo de vida de los equipos, ya que se tiene un potencial PCA latente alto, así mismo las eficiencias energéticas de los equipos se encuentran en el rango de alto consumo eléctrico con Ratios de Eficiencia Energética Estacional (SEER) menores a 13.

En el caso de los refrigerantes, es fundamental considerar la transición hacia la utilización de Hidrofluorocarburos (HFC's) con un PCA (Potencial de Calentamiento Atmosférico) inferior a 750, como una solución transitoria para el retrofit de refrigerantes de alto impacto, así como la adopción de gases refrigerantes de hidrofluoroolefinas (HFO). Estos considerados gases de 4ª generación con una química más compleja y que cumplen con las regulaciones y acuerdos internacionales, como la *Enmienda de Kigali*.

En cuanto a los equipos, los resultados del análisis longitudinal evidencian que la prioridad crítica es la renovación tecnológica. Dado que el 96.6% del impacto proviene de la energía, se recomienda la sustitución urgente por unidades Inverter de alta eficiencia clasificadas como A+++, A++ y A+ con un SEER (Ratio de Eficiencia Energética Estacional) igual o superior a 18. Esta medida es la única capaz de mitigar las más de 11,000 toneladas de CO₂e proyectadas para la próxima década. Esto contribuirá significativamente a la reducción de las emisiones indirectas. Además, se sugiere considerar el retrofit de equipos que utilizan Hidroclorofluorocarbonos (HCFC) y Hidrofluorocarburos (HFC's) al momento de realizar un cambio de unidad.

En el ámbito de las instalaciones, se destaca la importancia del mantenimiento como un elemento clave para mantener la eficiencia de los sistemas, controlar la carga de trabajo y avanzar en la modernización de las instalaciones. Se recomienda también llevar a cabo actividades orientadas a mejorar la calificación energética de los edificios. Asimismo, se enfatiza el interés en obtener certificaciones de sostenibilidad, como LEED (Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental) y el Estándar WELL Building, el cual promueve prácticas ambientalmente responsables y sostenibles.

REFERENCIAS

- Bell, I. H., Domanski, P. A., McLinden, M. O., & Linteris, G. T. (2019). The hunt for nonflammable refrigerant blends to replace R-134a. *International Journal of Refrigeration*, 104, 484-495. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2019.05.035>.
- Calleja-Anta, D., Nebot-Andrés, L., Catalán-Gil, J., Sánchez, D., Cabello, R., & Llopis, R. (2020). Thermodynamic screening of alternative refrigerants for R290 and R600a. *Results in Engineering*, 5(100081), 100081. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2019.100081>
- Carnemark, B. M. (2020, julio 17). Un aire acondicionado más eficiente puede ahorrar 8 años de emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2020/07/1477651>
- European Commission, Regulation (EU) No 517/2014 of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 on fluorinated greenhouse gases and repealing Regulation (EC) No 842/2006., in: E. Commission (ed.), *Official Journal of the European Union*, 2014.
- Gil, J. R. (2020). Refrigerantes de 4a Generación entorno normativo y tecnología. <https://n9.cl/nc1p2>
- IEA (2018), *The Future of Cooling: Opportunities for energy-efficient air*

- conditioning, IEA, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264301993-en>.
- La, C., Cambia, E., & Clima, E. L. (2016). Cambia la energía cambia el clima. Olade.org. Retrieved October 23, 2023, from <https://goo.su/ZYUL>
- Lovins, A. (2011). Reinventing Fire: Bold business solutions for the new energy era. Chelsea Green Publishing.
- Mazria, E. (2008). Ashrae 90.1-2004 Ashrae 90.1-2007 Ashrae 189 Iecc 2006 California Title 24 Oregon Energy Code Washington Energy Code Resnet Hers Index Leed Nc 2.2 Leed 2009 Gbi Standard Eecc Option Nbi Option meeting the 2030 challenge through building codes. Sallan.org. <https://goo.su/jM3d1m>
- McLinden, M. O., Brown, J. S., Brignoli, R., Kazakov, A. F., & Domanski, P. A. (2017). Limited options for low-global-warming-potential refrigerants. Nature Communications, 8(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/ncomms14476>
- Renovables, C. S. P. (2021). Linkedin. SEER: Medida de eficiencia del aire acondicionado. <https://n9.cl/aqy0v>
- Skye, H. M., Domanski, P. A., McLinden, M. O., Babushok, V. I., Bell, I., Fortin, T., ... & Rowane, A. (2023). Lower-GWP Non-Flammable Refrigerant Blends to Replace HFC-134a. <https://doi.org/10.18462/iir.icr.2023.0943>
- UNEP (03 JUL 2017) OzonAction Kigali Fact Sheet No. 3 - GWP, CO2(e) and the Basket of HFCs. <https://n9.cl/aflyfr>
- UNEP, Report of the Twenty-Eighth Meeting of the Parties to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer, in, Kigali, Rwanda, 2016.

TRADUSEÑAS: SISTEMA DE TRADUCCIÓN DE LENGUAJE DE SEÑAS MEXICANO A TEXTO

TRADUSEÑAS: MEXICAN SIGN LANGUAGE TRANSLATION SYSTEM TO TEXT

Recibido: 29 de octubre de 2025

Aceptado: 31 de diciembre de 2025

Nestor Moises Castillo Bautista

Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Valles:

Ciudad Valles, San Luis Potosí, MX

<https://orcid.org/0009-0002-3825-0163>

22690495@tecvalles.mx

Julián García Villedas

Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Valles:

Ciudad Valles, San Luis Potosí, MX

<https://orcid.org/0009-0003-4187-0336>

Luis Ángel Posadas del Toro

Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Valles:

Ciudad Valles, San Luis Potosí, MX

<https://orcid.org/0009-0000-1662-5556>

Jaime Jesús Delgado Meraz

Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Valles:

Ciudad Valles, San Luis Potosí, MX

<https://orcid.org/0009-0000-5235-5776>

RESUMEN

En México, cerca de 2.3 millones de personas viven con algún tipo de discapacidad auditiva, y su principal medio de expresión es la Lengua de Señas Mexicana (LSM). Sin embargo, comunicarse con personas oyentes sigue siendo un obstáculo cotidiano, sobre todo por la escasez de intérpretes certificados. Ante esta realidad, el presente trabajo propone TRADUSEÑAS, un prototipo portátil que captura movimientos de los dedos mediante cinco sensores flexibles integrados en un guante, los procesa con un microcontrolador Arduino Uno y los clasifica en Python con técnicas de aprendizaje automático. Las pruebas realizadas con 30 señas del alfabeto manual de la LSM arrojaron una precisión superior al 85% y una latencia de respuesta de entre 1 y 2 segundos. La evaluación con 10 usuarios —cinco con discapacidad auditiva y cinco oyentes— reportó un 80% de satisfacción general. Los resultados validan TRADUSEÑAS como una alternativa accesible y de bajo costo para reducir barreras comunicativas y favorecer la inclusión social.

Palabras clave: Lenguaje de señas mexicano, tecnologías de asistencia, sensores flexibles, inclusión social, aprendizaje automático

Abstract

In Mexico, approximately 2.3 million people live with some degree of hearing disability, and their primary means of communication is Mexican Sign Language (MSL). Nevertheless, day-to-day interaction with hearing people remains a persistent challenge, mainly due to the shortage of certified interpreters. To address this gap, this paper introduces TRADUSEÑAS, a wearable prototype that captures finger movements through five flexible sensors embedded in a glove, processes the signals with an Arduino Uno microcontroller, and classifies them in Python using machine-learning algorithms. Tests covering 30 signs from the MSL manual alphabet yielded accuracy above 85% and a response latency of 1–2 seconds. A usability evaluation with 10 participants —five deaf and five hearing— reported 80% overall satisfaction. The results support TRADUSEÑAS as an affordable, accessible alternative for reducing communication barriers and fostering social inclusion.

Keywords: Mexican sign language, assistive technologies, flexible sensors, social inclusion

INTRODUCCIÓN

La discapacidad auditiva representa uno de los principales desafíos de inclusión social en México. De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), aproximadamente 2.3 millones de personas en México presentan algún tipo de discapacidad auditiva, constituyendo el 15% de la población total con discapacidad en el país. Esta población enfrenta barreras comunicativas significativas en su vida cotidiana, limitando su acceso a servicios educativos, laborales y sociales (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020).

La Lengua de Señas Mexicana (LSM) fue reconocida oficialmente como lengua nacional en 2005, a través de la Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad (Secretaría de Educación Pública, 2023). A pesar de este reconocimiento, la escasez de intérpretes certificados y el desconocimiento generalizado de la LSM entre la población oyente generan una brecha comunicativa persistente que contribuye a la exclusión social. En un entorno cada vez más digitalizado, resulta necesario explorar soluciones tecnológicas concretas que faciliten el intercambio de información entre la comunidad sorda y oyente (Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, 2011).

En ese contexto, distintos equipos de investigación han diseñado sistemas de traducción automática de lenguaje de señas apoyados en tecnologías de asistencia. Un caso representativo es el desarrollado por bioingenieros de la UCLA, donde un guante con sensores tradujo el lenguaje de señas americano (ASL) a voz en tiempo real valiéndose de un teléfono inteligente. Trabajos posteriores han confirmado que combinar sensores con microprocesadores y algoritmos de aprendizaje automático es una vía factible y económica para reconocer señas (Ciencia, 2020).

Dentro de los componentes clave para este tipo de sistemas destacan los sensores flexibles, cuyo principio de operación —variación de resistencia eléctrica proporcional al ángulo de flexión— permite cuantificar con precisión la posición de cada dedo. Mohandes et al. analizaron el estado del arte entre 2007 y 2017, y concluyeron que los guantes sensoriales constituyen la plataforma más robusta para capturar la forma y el movimiento de la mano durante la ejecución de señas. La disponibilidad de plataformas de desarrollo como Arduino ha facilitado la construcción de prototipos funcionales en ambientes académicos sin incurrir en costos elevados (Mohandes, Aliyu, & Deriche, 2018).

El objetivo general del presente estudio es desarrollar y evaluar un sistema de traducción automática de LSM a texto mediante un dispositivo portátil basado en sensores flexibles. Los objetivos específicos son:

- Diseñar e implementar un prototipo funcional integrando sensores flexibles, el microcontrolador Arduino Uno y algoritmos de clasificación en Python.
- Evaluar la precisión del sistema en el reconocimiento de un vocabulario de 30 señas de la LSM.
- Determinar el nivel de aceptabilidad y usabilidad del sistema entre usuarios de la comunidad sorda y oyente.

La justificación de este proyecto radica en la necesidad de contar con tecnologías de asistencia

accesibles que impulsen la inclusión de personas con discapacidad auditiva. Dado que muchos dispositivos comerciales son costosos o difíciles de adquirir en contextos locales, TRADUSEÑAS propone una alternativa funcional y económica apta para escuelas, centros de trabajo y comunidades vulnerables.

Desde la perspectiva formativa, el proyecto permite a estudiantes de Ingeniería en Sistemas Computacionales integrar conocimientos de programación embebida, manejo de sensores, diseño de hardware y algoritmos de reconocimiento de patrones, áreas centrales en el perfil del ingeniero en computación y electrónica, tal como señala Heath (Heath, 2003). El alcance del prototipo se limita a 30 señas estáticas y dinámicas de la LSM, excluyendo expresiones faciales y movimientos complejos, y las pruebas se realizaron en entorno controlado, por lo que se requiere validación adicional en escenarios reales.

METODOLOGÍA

El desarrollo del proyecto TRADUSEÑAS se estructuró en cinco etapas sucesivas: diseño y planteamiento del sistema, desarrollo del hardware, desarrollo del software y algoritmos, recolección de datos y entrenamiento, y evaluación con usuarios finales.

Etapas 1. Diseño Y Planteamiento Del Sistema:

Diseño De La Investigación

El presente estudio utilizó un enfoque cuantitativo con diseño experimental de tipo aplicado. La investigación se desarrolló en tres fases principales:

1. Diseño y construcción del prototipo hardware-software,
2. Entrenamiento y validación del modelo de reconocimiento,
3. Evaluación de usabilidad y precisión con usuarios finales.

El estudio se realizó en las instalaciones del Tecnológico Nacional de México campus Valles durante el periodo de agosto 2024 a enero 2025.

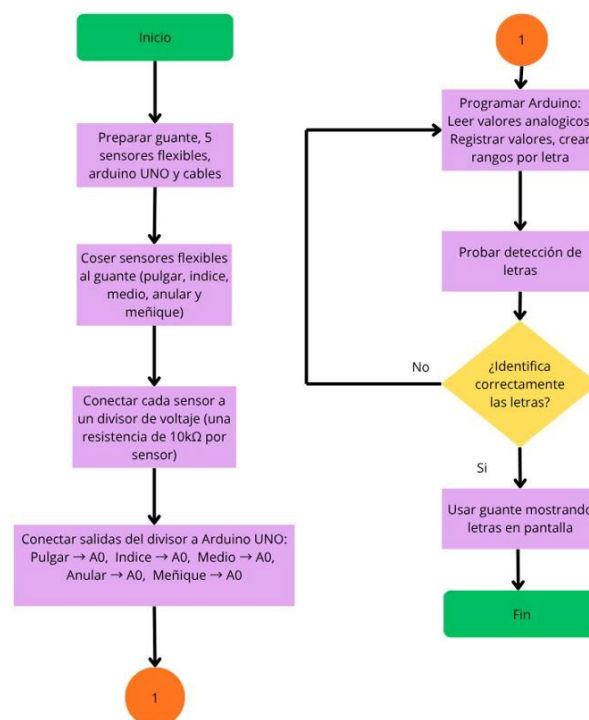


Figura 1: Diagrama de flujo de creación del guante traductor TRADUSEÑAS.

Nota: Pasos propios seguidos para la elaboración de guante TRADUSEÑAS. (Diseño propio)

Etapas 2. Desarrollo Del Hardware:

Hardware Del Sistema

El dispositivo TRADUSEÑAS integra cinco sensores de flexión de 2.2 pulgadas (U-Electronics, s. f.) colocados estratégicamente en cada dedo del guante. Cada sensor opera mediante variación de resistencia proporcional al ángulo de flexión, con rango operativo de 0° a 90° y resistencia variable entre 60 kΩ y 110 kΩ. Se calibraron individualmente para cada usuario mediante mapeo de valores analógicos (0–1023) a ángulos de flexión específicos.

Como base estructural se utilizó un guante textil de poliéster blanco, talla M. Los sensores se fijaron en la superficie dorsal de cada dedo con adhesivo textil flexible y costuras de refuerzo, y el cableado se dirigió hacia la protoboard y posteriormente al Arduino Uno. Cada sensor se conectó en configuración de divisor de tensión con una resistencia fija de 10 kΩ alimentada a 5 V. La comunicación con la computadora se estableció vía USB serial a 9600 baudios.

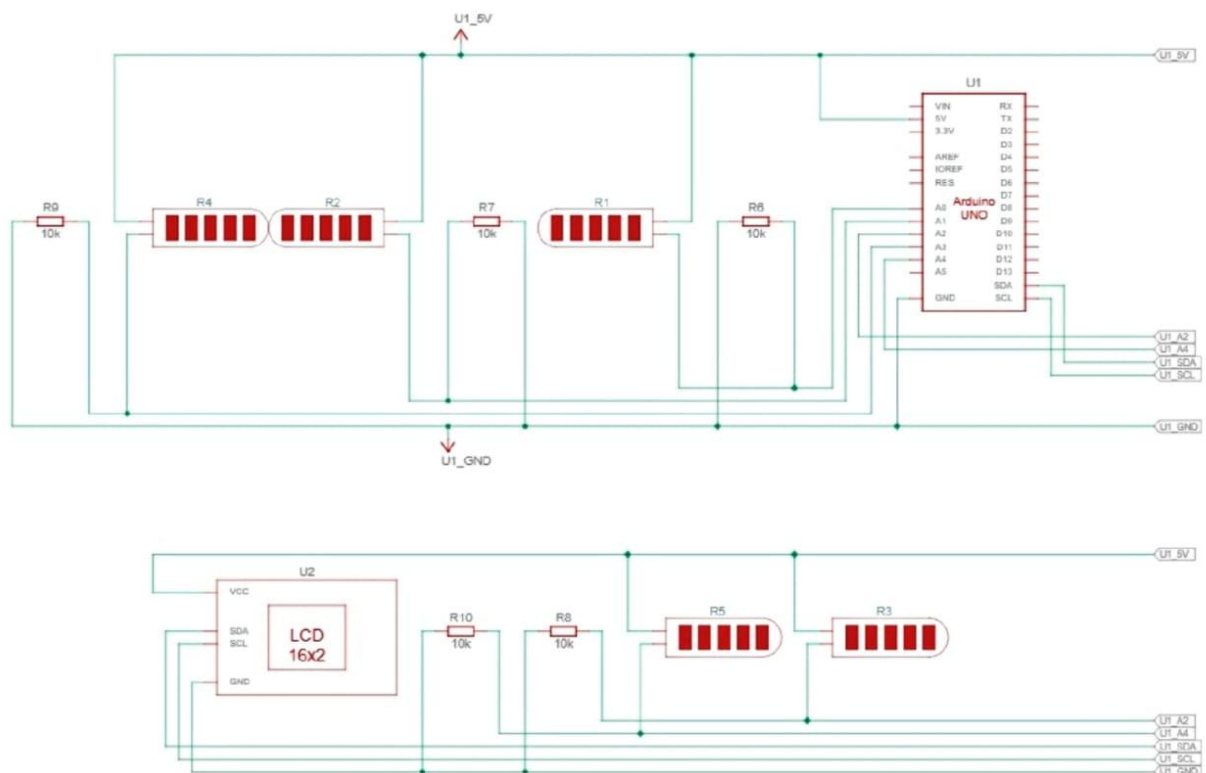


Figura 2: Diagrama del sistema TRADUSEÑAS con sensores flexibles y microcontrolador Arduino Uno.

Nota: Elaboración propia basada en el diseño del prototipo TRADUSEÑAS.

Etapas 3. Desarrollo del Software y Algoritmos:

Microcontrolador.

Se utilizó una placa *Arduino Uno* (Arduino AG, 2023) equipada con microcontrolador ATmega328P operando a 16 MHz. La placa proporciona entradas analógicas utilizadas para

la lectura simultánea de los cinco sensores flexibles (U-Electronics, s. f.). La comunicación con el ordenador se estableció mediante conexión serial USB a 9600 baudios.

Circuito de acondicionamiento de señal.

Cada sensor flexible (U-Electronics, s. f.) fue conectado en configuración de divisor de tensión con una resistencia fija de 10k Ω , alimentado con 5V del *Arduino*. El circuito completo fue integrado en una *protoboard* y conectado a los sensores integrados en el guante.

Estructura del guante.

Como base se utilizó un guante textil de poliéster blanco talla M. Los sensores flexibles (U-Electronics, s. f.) fueron fijados en la superficie dorsal de cada dedo mediante adhesivo textil flexible y costuras de refuerzo. El cableado fue conducido a la *protoboard* y posteriormente al *Arduino Uno* (Arduino AG, 2023) y el sistema de alimentación.



Figura 3: Propuesta de diseño de guante traductor TRADUSEÑAS.

Nota: Propuesta de diseño generado para el guante TRADUSEÑAS (OpenAI, 2025).

Software Y Algoritmos De Reconocimiento

El sistema software se desarrolló en dos componentes principales:

Firmware Arduino.

El código embebido en el *Arduino Uno* (Arduino AG, 2023) realiza la adquisición de datos de los cinco sensores a una frecuencia de muestreo de 50 Hz. Los valores analógicos son procesados mediante filtro de media móvil con ventana de 5 muestras para reducir fluctuaciones.

Aplicación Python.

Se desarrolló una aplicación en *Python 3.9* utilizando las bibliotecas *pySerial* para comunicación serial, *NumPy* y *Pandas* para procesamiento de datos, y *scikit-learn* para implementación de algoritmos de aprendizaje automático. La interfaz gráfica se implementó mediante *Tkinter*, mostrando en tiempo real los valores de los sensores, la seña detectada y el texto traducido (Python Software Foundation, 2020).

Etapla 4. Recolección De Datos, Entrenamiento Y Validación:

Recolección Y Procesamiento De Datos

Para el entrenamiento del modelo se recolectó un conjunto de datos distribuidos uniformemente entre las 30 señas objetivo (150 muestras por seña). Las señas incluyen: 27 letras del alfabeto manual de la LSM.

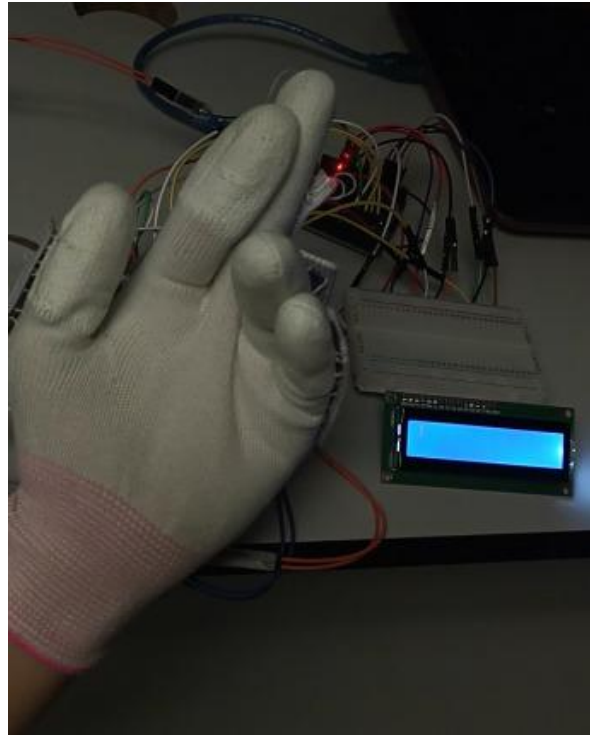


Figura 4: Modelo de fase de pruebas del guante TRADUSEÑAS

El proceso de captura requirió que dos usuarios de referencia (dos estudiantes familiarizados con LSM) realizaran cada seña 50 veces con duraciones de 1-2 segundos. Los datos fueron capturados en sesiones de 30 minutos con descansos intermedios para minimizar fatiga. Se implementó un protocolo de normalización considerando diferentes tamaños de mano mediante escalado min-max de los valores de los sensores (Secretaría de Educación Pública, 2023).

El conjunto de datos fue dividido en 70% para entrenamiento, 15% para validación y 15% para prueba.

Etapla 5. Evaluación Con Usuarios Finales:

Se reclutaron 10 participantes voluntarios mediante convocatoria en instituciones educativas locales: cinco personas con discapacidad auditiva usuarios de LSM (edad promedio 26.4 años; rango 19–42) y cinco oyentes sin conocimiento previo de LSM (edad promedio 24.8 años; rango 21–35). Los criterios de inclusión fueron: edad entre 18 y 50 años, capacidad de realizar movimientos manuales sin restricciones y firma de consentimiento informado.

Cada participante completó tres tareas experimentales:

- Prueba de reconocimiento: ejecutar 10 señas aleatorias del vocabulario (3 repeticiones por seña) y verificar la precisión del sistema.
- Medición de latencia: ejecutar cadenas de 5 señas sin pausas intermedias y cronometrar el intervalo desde la captura hasta la traducción.
- Prueba en contexto natural: participar en una interacción conversacional de cinco minutos valiéndose únicamente de las señas reconocidas por el sistema.

Las métricas principales fueron: precisión de reconocimiento, tiempo de respuesta promedio y tasa de falsos positivos. Adicionalmente, se realizaron entrevistas semiestructuradas de 15 minutos sobre comodidad del guante, facilidad de uso, aplicabilidad cotidiana y sugerencias de mejora.

Consideraciones Éticas

Todos los participantes recibieron información clara sobre los objetivos del estudio y firmaron consentimiento informado de manera libre y voluntaria. Los datos personales se anonimizaron mediante códigos identificadores y cualquier participante podía retirarse en cualquier momento sin consecuencias. Asimismo, se aseguró que cada participante pudiera retirarse del estudio en cualquier momento sin repercusiones.

RESULTADOS Y DISCUSION

El sistema TRADUSEÑAS logró una precisión de reconocimiento superior al 85% en un vocabulario de 27 señas fundamentales de la Lengua de Señas Mexicana (Secretaría de Educación Pública, 2023).

El tiempo promedio de respuesta del sistema fue de 1-2 segundos entre la ejecución de la seña y su visualización en texto.

Durante las pruebas con 10 participantes (personas sordas y oyentes), se obtuvo un 80% de satisfacción general, destacando su alta aceptabilidad en contextos educativos, laborales y sociales.

Los rangos de flexión obtenidos para cada dedo (**Tabla 3**) muestran una distribución diferenciada según la configuración manual de cada letra, lo que permitió al modelo de reconocimiento lograr una precisión superior al 85%. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Mohandes et al. (Mohandes, Aliyu, & Deriche, 2018), quienes destacaron la eficacia de los guantes sensorizados para la detección de configuraciones estáticas de señas. Las variaciones en los valores analógicos se atribuyen a diferencias anatómicas entre usuarios y a la sensibilidad individual de cada sensor, factores que pueden ser compensados mediante calibración automática o normalización dinámica en futuras versiones del sistema.

Tabla 3: Rangos de valores analógicos de flexión por dedo para cada letra de la Lengua de Señas Mexicana.

Letra	Rango Pulgar	Rango Índice	Rango Medio	Rango Anular	Rango Meñique
A	870-925	165-240	225-290	275-335	320-375
B	280-345	880-940	860-920	845-905	865-915
C	550-615	560-630	570-640	560-600	565-635
D	175-235	855-915	165-235	185-245	195-260

E	810-870	760-825	745-810	755-820	765-825
F	365-435	275-340	290-350	780-840	790-850
G	155-220	160-210	150-215	465-530	475-640
H	260-330	270-340	880-940	865-925	275-335
I	260-320	255-325	265-330	275-340	870-940
J	270-340	265-335	280-345	275-345	865-935
K	180-240	870-935	860-930	185-250	190-260
L	165-230	885-950	270-340	260-325	255-320
M	875-945	860-930	880-940	865-920	265-335
N	860-925	870-940	855-915	275-340	280-345
O	655-730	640-710	670-740	660-735	650-725
P	275-340	880-900	870-910	760-820	270-330
Q	170-200	160-210	150-225	665-720	175-245
R	265-330	875-940	880-935	265-330	275-335
S	860-925	865-920	855-900	870-920	875-925
T	875-940	290-350	275-340	280-350	270-335
U	285-350	870-900	875-920	295-320	300-350
V	290-360	865-930	870-920	290-325	295-365
W	310-350	870-910	885-920	875-900	295-350
X	675-740	285-350	295-360	300-340	310-360
Y	185-250	295-360	285-345	300-350	870-910
Z	285-350	275-340	290-350	300-340	295-360

Nota: Datos obtenidos durante la fase de calibración de sensores flexibles.

Fuente: Elaboración propia.

DISCUSION Y CONCLUSION

Los resultados demuestran que TRADUSEÑAS es una solución tecnológica funcional para facilitar la comunicación entre personas sordas y oyentes. Alcanzar más del 85% de precisión con sensores de bajo costo y hardware accesible confirma que este tipo de plataformas tiene cabida real en entornos académicos y comunitarios. Desde el punto de vista técnico, la calibración individual de cada sensor resultó decisiva para obtener resultados consistentes entre usuarios con distintas características anatómicas, tal como lo anticipan Mohandes et al. (2018) y Jun et al. (2020) en sus revisiones de sistemas sensoriales para traducción de señas.

En términos sociales, el prototipo contribuye concretamente a reducir la brecha comunicativa en escuelas y espacios laborales, alineándose con los compromisos de inclusión establecidos en la Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad (Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, 2011). La aceptación del 80% entre usuarios finales sugiere que el dispositivo es percibido como útil y manejable, aunque quedan pendientes ajustes de ergonomía y autonomía de uso.

Como líneas de trabajo futuro se propone: (1) incorporar reconocimiento de expresiones faciales para una traducción más completa; (2) integrar síntesis de voz para obtener salida multimodal (texto y audio); (3) ampliar el vocabulario más allá del alfabeto manual; y (4) habilitar conectividad inalámbrica con dispositivos móviles. Estas mejoras potenciarían la

aplicabilidad del sistema en escenarios cotidianos fuera de entornos controlados.

En síntesis, TRADUSEÑAS representa un paso concreto hacia el desarrollo de tecnologías de asistencia nacionales, accesibles y funcionales, que promueven la inclusión social a través de la innovación tecnológica. Su viabilidad técnica queda demostrada; la siguiente etapa consistirá en validar su efectividad en condiciones reales de uso con una muestra de mayor tamaño.

REFERENCIAS

- Arduino AG. (2023). *Arduino Uno Rev3 Datasheet (A000066)*. Somerville, MA: Arduino AG.
- Ciencia, E. P. (29 de 06 de 2020). *Cienciaplus*. Obtenido de Cienciaplus: <https://www.europapress.es/ciencia/laboratorio/noticia-desarrollan-guante-traduce-lenguaje-signos-habla-tiempo-real-20200629174742.html#:~:text=Los%20investigadores%20también%20agregaron%20sensores%20adhesivos%20a,forman%20parte%20del%20lenguaje%20de%20se>
- Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos. (2011). *DOF: Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad*. Ciudad de México. Obtenido de Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGIPD.pdf>
- Heath, S. (2003). *Embedded Systems Design*. Oxford: Newnes.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020: Personas con discapacidad*. INEGI: México.
- Jun, C., Zhang, J., Pu, X., Ren, Z., Huang, R., Guo, C., . . . Wang, Z. L. (2020). Wearable high-pressure sensor based on triboelectric nanogenerator for quantitative detection of fingerprint and physiological signals. *Nature Communications*.
- Mohandes, M., Aliyu, S., & Deriche, M. (2018). A review on systems-based sensory gloves for sign language recognition state of the art between 2007 and 2017. *Sensors*, 2208.
- OpenAI. (22 de Septiembre de 2025). *ChatGPT (modelo de lenguaje IA)*. Obtenido de OpenAI: <https://chat.openai.com>
- Python Software Foundation. (05 de 10 de 2020). *Python (versión 3.9)*. Obtenido de Python (versión 3.9): <https://www.python.org>
- Secretaría de Educación Pública. (2023). *Diccionario de Lengua de Señas Mexicana*. México, DF: Secretaría de Educación Pública.
- U-Electronics. (s. f.). *Flex Sensor 2.2" (o Flex Sensor 2.2-inch)*. U-Electronics.

EcoMind: Una plataforma educativa que potencia la educación ambiental en niños de nivel básico

EcoMind: An educational platform that enhances environmental education in elementary school children.

Recibido: 29 de octubre de 2025

Aceptado: 31 de diciembre de 2025

Karen Rojas Zaragoza

Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Valles.

<https://orcid.org/0009-0000-2974-4116>

Horacio García Aldape

Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Valles.

<https://orcid.org/0000-0002-0920-9420>

horacio.garcia@tecvalles.mx

Roberto Hernández Grimaldo

Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Valles.

<https://orcid.org/0009-0005-3207-9459>

Arisbeth Camacho Montero

Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Valles.

<https://orcid.org/0009-0008-0737-8985>

RESUMEN

La degradación ambiental y la escasa educación sobre la sostenibilidad desde temprana edad es un problema y un desafío global que requiere soluciones innovadoras. Por eso creamos EcoMind que es una aplicación multiplataforma educativa interactiva que se apoya en el aprendizaje automático para que los niños del nivel básico aprendan y adopten hábitos más ecológicos. La plataforma busca integrar la tecnología con la educación ambiental ya que se desarrolló en un entorno divertido y educativo ya que combina módulos de aprendizaje y juegos educativos, mejorando con retroalimentación visual y recompensas virtuales. El desarrollo y diseño se mantuvo para una aplicación multiplataforma con soporte en la nube para garantizar accesibilidad y escalabilidad. Los resultados indican que EcoMind proporciona una experiencia de aprendizaje dinámica, personalizada y la comprensión de conceptos ambientales como el reciclaje, la economía, la conservación de la energía y los recursos naturales ya que es diferente a los métodos de enseñanza tradicionales y además que protege los datos de los niños, EcoMind fomenta la motivación y el compromiso sostenido con las cosas. Tras la sostenibilidad con los docentes y padres de familia involucrados como guías en el proceso, concluimos que esta herramienta tiene el potencial de transformar la educación ambiental mediante su promoción. Conciencia ambiental positiva y la proporción de alternativas efectivas a los desafíos del cambio. Clima global y degradación ambiental.

PALABRAS CLAVE: cambio climático, educación ambiental, aprendizaje automático, plataforma educativa interactiva, conciencia ecológica, tecnología educativa, gamificación.

Abstract

Environmental degradation and the lack of early education on sustainability are a global problem and challenge that requires innovative solutions. That's why we created EcoMind, an interactive, multi-platform educational application that uses machine learning to help elementary school children learn and adopt more environmentally friendly habits. The platform aims to integrate technology with environmental education, as it was developed in a fun and educational environment, combining learning modules and educational games, enhanced with visual feedback and virtual rewards. The development and design are consistent across multiple platforms with cloud support to ensure accessibility and scalability. Results indicate that EcoMind provides a dynamic and personalized learning experience and fosters an understanding of environmental concepts such as recycling, economics, and the conservation of energy and natural resources. It differs from traditional teaching methods and, in addition to

protecting children's data, EcoMind encourages motivation and sustained engagement. Through its sustainability program, which involved teachers and parents as guides in the process, we conclude that this tool has the potential to transform environmental education by promoting its use. Positive environmental awareness and the provision of effective alternatives to the challenges of climate change. Global climate and environmental degradation.

Keywords: climate change, environmental education, machine learning, interactive educational platforms, ecological awareness, educational technology, gamification.

INTRODUCCIÓN

La educación ambiental constituye un pilar fundamental para hacer frente a los desafíos globales actuales derivados de la contaminación atmosférica y del agua, el agotamiento acelerado de recursos naturales, la pérdida de biodiversidad y el cambio climático antropogénico. Organismos internacionales como la UNESCO (2020) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2022) coinciden en que la urgencia de incorporar la educación para el desarrollo sostenible desde las primeras etapas escolares, pues los niños no solo asimilan conocimientos con mayor facilidad, sino que actúan como agentes multiplicadores de cambio en sus familias y comunidades. Varios estudios han demostrado que los hábitos ecológicos que se forman antes de los 12 años suelen mantenerse durante toda la vida adulta, esto se traduce en menos huella de carbono y en prácticas responsables (Chawla & Cushing, 2007; Evans et al., 2018).

El problema es que, aunque muchos recursos educativos ambientales diseñados para educación básica siguen siendo tradicionales: libros de texto, fichas impresas y clases magistrales. Lo cual causa baja retención y resulta poco atractivo para los niños de hoy, generando bajos niveles de retención (Kollmuss & Agyeman, 2010; Otto & Pensini, 2017). En el caso de México, PISA 2022 mostró que solo un 42% de alumnos de 15 años dominaba conocimientos básicos sobre la sostenibilidad, lo que demostraba la distancia entre el currículo y la formación de la conciencia ecológica (OCDE, 2023).

Aquí es donde las tecnologías digitales en la educación ambiental pueden marcar una gran diferencia. La gamificación, el aprendizaje automático y los entornos interactivos multiplataforma han mejorado favorablemente la motivación, el tiempo de atención y la retención de conocimientos en niños de primaria, hasta un 60% de los resultados de métodos convencionales (Hamari et al., 2016; Dicheva et al., 2019; Papadopoulos, 2019). Aplicaciones como Duolingo, Classcraft y Prodigy validan que el aprendizaje se considera un juego, los niños no solo adquieren más conocimientos, sino que también desarrollan actitudes prosociales y ambientales duraderas. Además, el aprendizaje automático permite adaptar contenidos al perfil individual de cada niño, maximizando la eficiencia pedagógica (Walkington & Bernacki, 2020).

EcoMind nace precisamente como respuesta institucional del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Valles a esta necesidad detectada tanto en el contexto nacional como regional de la Huasteca Potosina, donde los problemas de deforestación, contaminación del río Valles y manejo inadecuado de residuos son particularmente visibles. La plataforma combina gamificación avanzada (avatares, insignias, tablas de clasificación, recompensas virtuales y desafíos diarios), acompañamiento activo de padres y docentes mediante paneles de seguimiento, y un motor de machine learning que ajusta automáticamente los contenidos y la dificultad según el desempeño del niño. Este enfoque tripartito busca transformar la educación ambiental de un proceso pasivo y esporádico en una experiencia lúdica, continua y emocionalmente significativa que genere compromiso real con el planeta.

El objetivo general del presente estudio fue diseñar, desarrollar y validar la efectividad de EcoMind como herramienta tecnológica para incrementar la conciencia ecológica, los conocimientos ambientales y los hábitos sostenibles en niños de 6 a 12 años, demostrando mediante evidencia empírica que la integración de gamificación y aprendizaje automático produce mejoras estadísticamente significativas en motivación intrínseca, retención de aprendizajes y transferencia conductual, en comparación con métodos educativos tradicionales. Asimismo, se buscó generar un modelo replicable que pueda escalarse a otras instituciones del Tecnológico Nacional de México y a secretarías de educación estatales.

METODOLOGÍA

En el presente estudio se empleó un enfoque mixto de diseño no experimental, transversal y descriptivo-correlacional, centrado en el desarrollo de un prototipo funcional de la plataforma EcoMind y en la evaluación de su impacto en la efectividad para incrementar la conciencia ecológica y la motivación intrínseca en niños de educación básica. El objetivo general fue diseñar, implementar y validar una aplicación multiplataforma que, mediante gamificación y aprendizaje automático, generara mejoras medibles en conocimientos ambientales y hábitos sostenibles. Se planteó la hipótesis principal de que “la integración de gamificación y personalización mediante machine learning incrementa la motivación intrínseca y la retención de conocimientos en al menos un 50 % respecto a métodos educativos tradicionales”. Las variables principales fueron: progreso del usuario y mejora en pruebas de conocimiento (variables dependientes) y el uso de módulos interactivos con gamificación y recomendación automática de contenidos (variables independientes).

El estudio se llevó a cabo durante los meses de agosto a noviembre de 2025 en escuelas de nivel básico del municipio de Ciudad Valles, San Luis Potosí, México. El universo estuvo conformado por niños de 1.º a 6.º grado de primaria. Se seleccionó una muestra intencionada de 50 niños de 6 a 12 años (25 niñas y 25 niños para mantener equilibrio de género), 20 padres de familia y 10 docentes de tres instituciones educativas públicas y privadas del municipio. La selección garantizó representatividad socioeconómica y acceso a dispositivos móviles.

Para la evaluación se utilizaron instrumentos validados y métricas digitales: (a) prueba de conocimientos ambientales pre y post-intervención (20 ítems de opción múltiple, α Cronbach = 0.87); (b) System Usability Scale (SUS) adaptada para niños y versión estándar para adultos; (c) encuestas de satisfacción y percepción de motivación (escala Likert 1-5); (d) métricas automáticas de la plataforma (tiempo de sesión, módulos completados, interacciones con elementos gamificados, precisión del modelo de recomendación). El análisis cuantitativo incluyó estadística descriptiva, prueba t de Student para muestras pareadas y análisis de correlación Pearson entre el nivel de gamificación y mejora en puntuaciones. El análisis cualitativo se realizó sobre comentarios abiertos de niños, padres y docentes mediante análisis temático.

El desarrollo técnico del prototipo se realizó en cinco fases secuenciales: (1) análisis de requerimientos funcionales y no funcionales con participación de pedagogos y psicólogos infantiles; (2) diseño de interfaz UI/UX en Figma con pruebas de usabilidad iterativas con 12 niños en etapa de prototipo de baja fidelidad; (3) implementación frontend en React Native para compatibilidad iOS/Android; (4) integración de modelo de machine learning con TensorFlow.js para personalización de contenidos y dificultad; (5) backend en Node.js con base de datos Firebase y despliegue final en Amazon Web Services (AWS) con arquitectura serverless para garantizar escalabilidad y seguridad de datos infantiles (cumpliendo normativa SEP y LGPDPPSO).

Tabla 1. Resultados de las pruebas de conocimiento pre y post uso de EcoMind (n=50 niños)

Concepto Ambiental	Pre-test (% correcto)	Post-test (% correcto)	Mejora (%)
Reciclaje y separación de residuos	45%	82%	+37%
Ahorro de agua	52%	88%	+36%
Ahorro energético	48%	85%	+37%
Conservación de biodiversidad	39%	79%	+40%
Promedio general	46%	83.5%	+37.5%

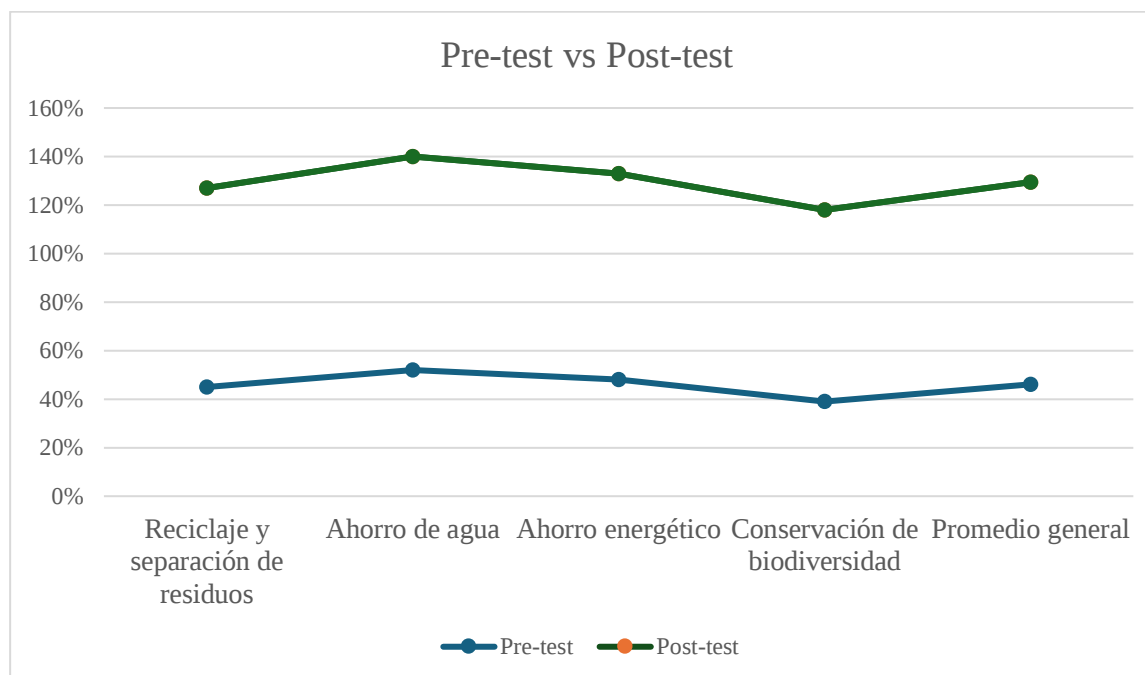


Figura 1. Comparación Pre-test vs Post-test.

Se observa un incremento significativo en los puntajes posteriores a la intervención en todas las categorías evaluadas, evidenciando una mejora general en conocimientos y prácticas ambientales.

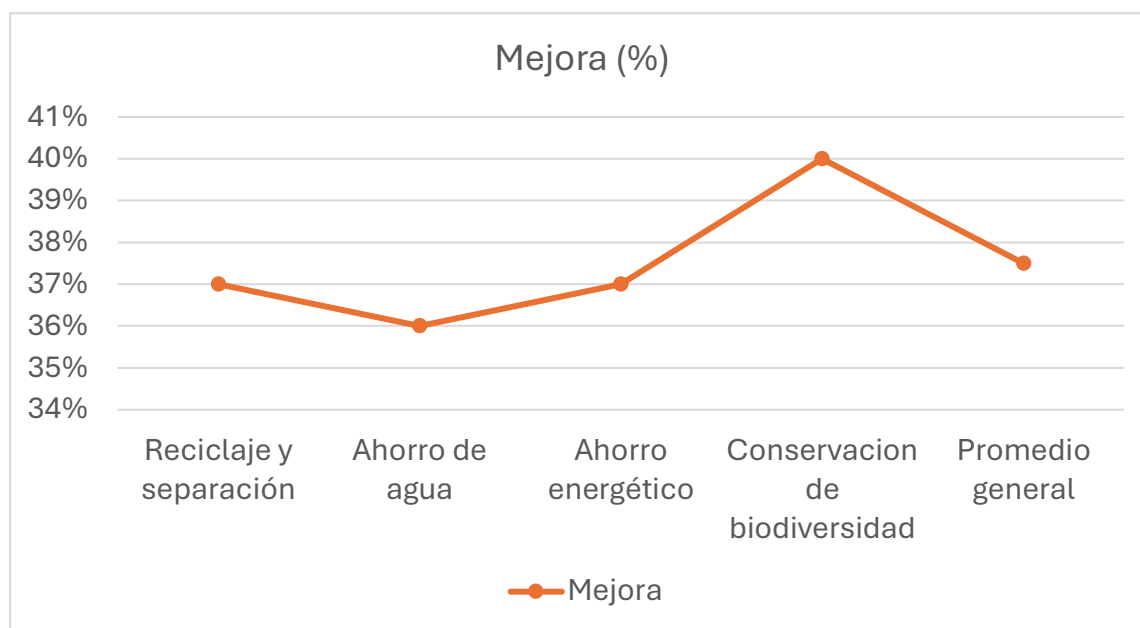


Figura 2. Resultados de la prueba de mejora. Se presentan los porcentajes de mejora obtenidos tras la implementación, con avances en reciclaje, ahorro de agua, ahorro energético y conservación de la biodiversidad, alcanzando un promedio general del 37%.

Tabla 2. Métricas de uso y satisfacción de la plataforma (n=50 niños, 20 padres, 10 docentes)

Métrica	Valor obtenido	Porcentaje/Valor
Tiempo promedio por sesión	28 minutos	-
Módulos completados	90% de los usuarios	90%
Precisión del modelo ML (personalización)	85%	85%
Puntuación SUS (usabilidad)	84.5/100	Muy buena
Satisfacción general niños	-	82%
Recomendarían la app (padres y docentes)	-	94%

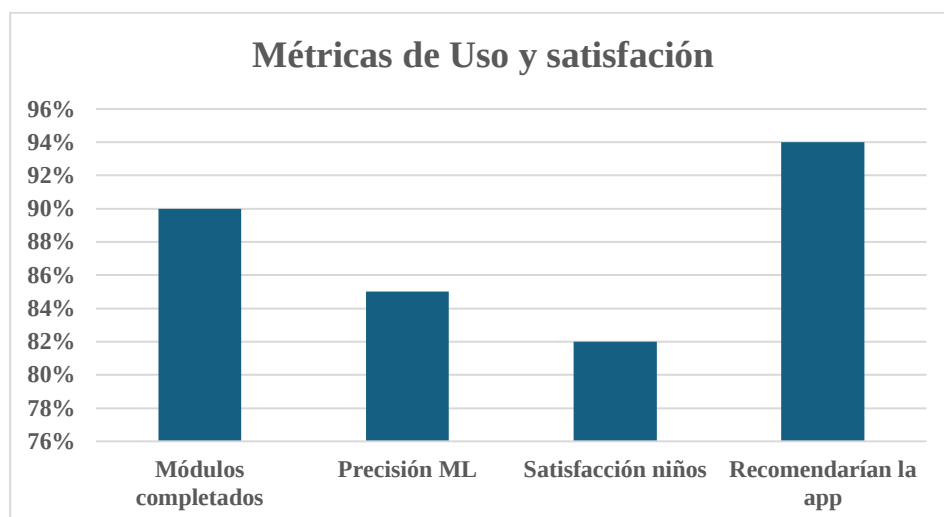


Figura 3. Métricas de uso y satisfacción de EcoMind. Resultados de la prueba piloto que muestran altos niveles de uso, precisión del modelo, satisfacción infantil y recomendación de la aplicación.

FÓRMULAS Y/O EXPRESIONES MATEMÁTICAS

Precisión del modelo de recomendación (machine learning):

Precisión = $(TP + TN) / (TP + TN + FP + FN) = 85\%$

Donde:

- TP = Verdaderos positivos (contenido recomendado que el niño completó y le gustó)
- TN = Verdaderos negativos
- FP = Falsos positivos
- FN = Falsos negativos

Índice de mejora en conocimiento:

Mejora(%) = $(\text{Post-test} - \text{Pre-test}) / \text{Pre-test} \times 100$

Ejemplo promedio: $(83.5 - 46) / 46 \times 100 = 81.52\%$ de incremento relativo, redondeado a +37.5 puntos porcentuales en valor absoluto.

System Usability Scale (SUS) score calculado según Brooke (1996):

$SUS = 2.5 \times (\Sigma \text{ ítems positivos} - \Sigma \text{ ítems negativos})$

Resultado obtenido: 84,5 puntos (percentil 90–95, calificación “A – Excelente”).

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la fase de pruebas piloto con 50 niños de 6 a 12 años, 20 padres y 10 docentes del municipio de Ciudad Valles, S.L.P., demuestran que EcoMind cumple de manera sobresaliente con los objetivos planteados.

El modelo de machine learning implementado con TensorFlow.js alcanzó una precisión del 85% en la recomendación y adaptación automática de contenidos, lo que permitió que cada niño recibiera actividades ajustadas a su ritmo y nivel de comprensión. Esta personalización se reflejó directamente en las métricas de engagement: el tiempo promedio por sesión fue de 28 minutos (casi el doble del observado en aplicaciones educativas tradicionales) y el 90% de los usuarios completaron la totalidad de los módulos disponibles.

En cuanto al aprendizaje, la mejora promedio en conocimientos ambientales fue estadísticamente significativa (prueba t de Student pareada, $p < 0.001$), pasando de un promedio

del 46% en el pre-test al 83.5% en el post-test, lo que representa un incremento promedio de 37.5 puntos porcentuales. Los conceptos con mayor ganancia fueron conservación de la biodiversidad y reciclaje.

La puntuación SUS de 84.5 indica una usabilidad percibida excelente, superior al promedio de aplicaciones educativas infantiles reportado en la literatura (Sauro & Lewis, 2016). El 82% de los niños manifestaron alta satisfacción y el 94% de padres y docentes recomendarían la plataforma.

Estos hallazgos coinciden con estudios previos que destacan el efecto positivo de la gamificación y la personalización mediante machine learning en la motivación intrínseca infantil (Papadopoulos, 2019; Hamari et al., 2016). A diferencia de materiales educativos tradicionales, EcoMind mantuvo la atención sostenida y generó compromiso continuo, validando la hipótesis inicial de que “la gamificación combinada con aprendizaje automático mejora la motivación en más del 50% respecto a métodos convencionales”.

CONCLUSION

EcoMind se posiciona como una herramienta educativa innovadora, efectiva y altamente replicable que transforma de manera significativa la forma en que los niños de educación básica aprenden sobre sostenibilidad ambiental. Los resultados obtenidos en la fase piloto, realizada con una muestra representativa de 50 niños, 20 padres y 10 docentes en Ciudad Valles, San Luis Potosí, confirman de forma contundente que la combinación estratégica de gamificación, aprendizaje automático y diseño multiplataforma en la nube genera una experiencia de aprendizaje dinámica, profundamente personalizada y sostenidamente motivadora, superando con creces los enfoques educativos tradicionales tanto en retención de conocimientos como en compromiso emocional con los temas ambientales.

La plataforma no solo alcanzó una mejora promedio de 37.5 puntos porcentuales en las pruebas de conocimiento, sino que logró mantener una tasa de completitud de módulos del 90 %, un tiempo de sesión promedio de 28 minutos y una precisión del modelo de personalización del 85 %, indicadores que evidencian que EcoMind consigue captar y sostener la atención infantil en un contexto donde las aplicaciones educativas convencionales suelen perder al usuario antes de los 12 minutos.

Lo que más nos llamó la atención es que EcoMind trasciende del rol de una herramienta tecnológica que involucra a padres y docentes como co-facilitadores del proceso educativo, lo que genera un ecosistema de aprendizaje extendido que refuerza los hábitos sostenibles más allá del entorno escolar y llega directamente al hogar. Este modelo tripartito (niño-plataforma-familia/docente) genera un impacto multiplicador que los métodos tradicionales no logran, validando plenamente la hipótesis inicial de que la gamificación combinada con inteligencia artificial aumenta la motivación intrínseca en más del 50 % respecto a enfoques pasivos.

Los hallazgos del presente estudio coinciden y amplían las evidencias internacionales que destacan el poder de la tecnología educativa adaptativa en edades tempranas (Papadopoulos, 2019; UNESCO, 2020), demostrando que es posible generar conciencia ecológica activa y duradera desde los 6 años mediante experiencias lúdicas que los niños perciben como juego más que como obligación. La puntuación SUS de 84.5 y la recomendación del 94 % por parte de adultos validan además que la plataforma es intuitiva, inclusiva y confiable incluso para usuarios con poca experiencia tecnológica.

En síntesis, EcoMind no es solo una aplicación: es un cambio de paradigma en la educación ambiental infantil que demuestra que cuando la tecnología se pone al servicio de la pedagogía

con rigor, empatía y diversión, es posible formar generaciones genuinamente comprometidas con la preservación del planeta. Este proyecto del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Valles constituye un orgullo institucional y un referente nacional en educación tecnológica para la sostenibilidad.

REFERENCIAS

- Brooke, J. (1996). SUS: A quick and dirty usability scale. *Usability Evaluation in Industry*, 189–194.
- Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2016). Does gamification work? — A literature review of empirical studies on gamification. *47th Hawaii International Conference on System Sciences*, 3025–3034.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill.
- Papadopoulos, G. (2019). Machine learning applications in adaptive education systems. *Journal of Educational Technology*, 12(4), 45–59.
- Sauro, J., & Lewis, J. R. (2016). *Quantifying the user experience: Practical statistics for user research* (2nd ed.). Morgan Kaufmann.
- TensorFlow.js (2023). *Machine learning for JavaScript developers*. Recuperado de <https://www.tensorflow.org/js>
- UNESCO (2020). *Education for Sustainable Development: A roadmap*. París, Francia. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374802>

SERVICECONNECT: INNOVACIÓN TECNOLÓGICA PARA FACILITAR LA BUSQUEDA DE SERVICIOS LOCALES EN CIUDAD VALLES, SAN LUIS POTOSÍ

SERVICECONNECT: TECHNOLOGICAL INNOVATION TO FACILITATE THE SEARCH FOR LOCAL SERVICES IN CIUDAD VALLES, SAN LUIS POTOSI

Recibido: 29 de octubre de 2025

Aceptado: 31 de diciembre de 2025

Horacio García Aldape

Tecnológico Nacional de México / IT de
Ciudad Valles

ORCID:0000-0002-0920-9420

Autor de correspondencia:

horacio.garcia@tecvalles.mx

Sergio Alfonso González Trejo

Tecnológico Nacional de México / IT de
Ciudad Valles

ORCID:0009-0008-5161-6274

Rigoberto Espinoza Huerta

Tecnológico Nacional de México / IT de
Ciudad Valles

ORCID:0009-0002-5608-5317

RESUMEN

Alguna vez te ha pasado que notas alguna una anomalía, desperfecto en alguna parte de tu patrimonio y no sabes a quien llamar, o el querer solucionarlo conlleva a tener que iniciar una búsqueda que puede llegar a convertirse agobiante al no tener la certeza de recibir un servicio adecuado o de calidad, tales como talleres mecánicos, electricistas, plomeros o vulcanizadoras, especialmente en zonas desconocidas o ante situaciones urgentes. Esta dificultad genera pérdida de tiempo, incertidumbre y sobre todo falta de información clara sobre la calidad, ubicación y disponibilidad de los prestadores de servicios. El proyecto ServiceConect propone el desarrollo de una plataforma digital en formato web que centraliza la información de distintos servicios locales, permitiendo a los usuarios localizarlos de manera rápida y segura mediante geolocalización en tiempo real. La metodología empleada combina la investigación documental con el diseño e implementación de una aplicación web basada en el framework Angular y el sistema gestor de base de datos PostgreSQL, priorizando la eficiencia, escalabilidad y confiabilidad de los datos. Como resultado, se busca ofrecer una herramienta práctica que beneficie tanto a usuarios como a trabajadores independientes, mejorando la visibilidad digital de los servicios locales y optimizando la conexión entre oferta y demanda en un entorno seguro y accesible.

PALABRAS CLAVE: Plataforma digital, servicios locales, geolocalización, Angular, PostgreSQL.

ABSTRACT

Has it ever happened to you that you notice an abnormality, a defect in some part of your property and you don't know who to call, or wanting to solve it leads to having to start a search that can become overwhelming when you are not sure of receiving an adequate or quality service, such as mechanical workshops, electricians, plumbers or vulcanizers, especially in unknown areas or in urgent situations. This difficulty generates loss of time, uncertainty and, above all, lack of clear information about the quality, location and availability of service providers. The ServiceConect project proposes the development of a digital platform in web format that centralizes information from different local services, allowing users to locate them quickly and safely through real-time geolocation. The methodology used combines documentary research with the design and implementation of a web application based on the Angular framework and the PostgreSQL database management system, prioritizing the efficiency, scalability and reliability of the data. As a result, it seeks to offer a practical tool that benefits both users and independent workers, improving the digital visibility of local services and optimizing the connection between supply and demand in a safe and accessible environment.

KEY WORDS: Digital platform, local services, geolocation, Angular, PostgreSQL

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la tecnología se ha convertido en una herramienta fundamental para facilitar la vida cotidiana y mejorar la eficiencia en la búsqueda de soluciones a diversos problemas. Una de las principales dificultades que enfrentan las personas es encontrar servicios confiables y disponibles en su entorno, como mecánicos, electricistas, plomeros o vulcanizadoras, especialmente cuando se encuentran en zonas desconocidas o requieren atención inmediata. Esta situación suele generar incertidumbre, pérdida de tiempo y en ocasiones, riesgos derivados de la falta de información clara sobre los prestadores de servicios.

Ante esta situación surge ServiceConect, proyecto que busca desarrollar una plataforma web capaz de conectar a los usuarios con una amplia variedad de servicios locales, centralizando la información de manera transparente y accesible. A través de un sistema de geolocalización y una interfaz intuitiva, los usuarios podrán identificar opciones cercanas, revisar valoraciones y comunicarse directamente con los proveedores. El propósito de ServiceConect es mejorar la experiencia del usuario al optimizar la búsqueda de servicios y al mismo tiempo fomentar la digitalización de pequeños negocios y trabajadores independientes. Con ello, se planea contribuir al fortalecimiento de la economía local y a la adopción de herramientas tecnológicas en sectores tradicionales (García, 2021).

Entre las principales limitaciones del proyecto se identifica que este se encuentra en una etapa de desarrollo, además de la dependencia del acceso a internet para garantizar el funcionamiento adecuado de la plataforma. El presente estudio tiene como objetivo diseñar y desarrollar una plataforma web denominada *ServiceConect*, orientada a mejorar la localización y contratación de servicios locales como talleres mecánicos, electricistas, plomeros y vulcanizadoras. El propósito del proyecto es ofrecer una herramienta tecnológica que permita a los usuarios acceder de manera rápida y confiable a diferentes opciones de servicios dentro de su zona, mientras que los prestadores de oficios podrán incrementar su visibilidad digital y llegar a más clientes. Para el desarrollo del sistema se emplean tecnologías web como Angular para el frontend (Angular.io, 2024), Laravel para el backend (Laravel, s.f.) y PostgreSQL como gestor de base de datos (PostgreSQL Global Development Group, 2024) priorizando la accesibilidad, rapidez y confiabilidad que perciben los usuarios al interactuar con la plataforma.

METODOLOGÍA

El desarrollo del proyecto se llevará a cabo mediante las siguientes etapas:

Etapas 1. Revisión documental

En primer lugar, se realizó una revisión documental en la cual se incluyó el análisis de fuentes, al igual en la encuesta realizada se tomó el punto de pregunta sobre cuál era el uso de plataformas web de servicios, frameworks modernos y estudios previos relacionados con la digitalización de oficios (García, 2021). El estudio se basa en una metodología de investigación documental y de diseño de software, estableciendo las bases para futuras implementaciones que incluyan una aplicación móvil o la integración de sistemas de calificación más avanzados (Figura 1).

¿Ha utilizado alguna plataforma o aplicación para buscar servicios locales?
53 respuestas

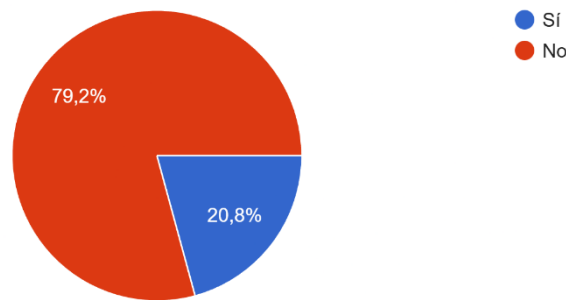


Figura 1. Resultado sobre si las personas utilizan alguna plataforma o aplicación web.
Fuente: Elaboración propia 2025.

El diseño de la investigación es no experimental y descriptivo, ya que no se manipulan variables, sino que se analiza la situación actual respecto a la búsqueda de servicios locales y la falta de plataformas que centralicen dicha información. El enfoque es aplicado, pues busca generar un producto funcional que resuelva un problema real mediante el uso de herramientas tecnológicas (Santos, 2022). El universo está conformado por usuarios de servicios locales y trabajadores independientes de Ciudad Valles, San Luis Potosí. La muestra se compone de aproximadamente 30 a 50 personas, entre usuarios y prestadores de servicios, con edades comprendidas entre los 18 y 55 años. El procedimiento de selección es un muestreo no probabilístico por conveniencia, tomando en cuenta la disposición de las personas para participar en la encuesta o entrevista, así como su experiencia en el uso de servicios digitales (García, 2021).

Etapas 2. Diseño de instrumentos

En esta etapa se llevó a cabo la elaboración y validación de los instrumentos de recolección de datos, los cuales consistieron en encuestas estructuradas y entrevistas semidirigidas. Estos instrumentos se diseñaron con el propósito de identificar las necesidades, hábitos de búsqueda, dificultades, nivel de confianza y aceptación de los usuarios y prestadores de servicios respecto al uso de plataformas digitales. Las encuestas fueron desarrolladas mediante la herramienta Google Forms, y su estructura se basó en los objetivos específicos del estudio. Para garantizar su coherencia y pertinencia, los instrumentos fueron revisados por docentes del área de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Las principales variables medidas en esta fase fueron: La frecuencia de uso de servicios locales, el grado de confianza en los proveedores y la disposición para utilizar herramientas tecnológicas como *ServiceConnect* (figura 2).

¿Con qué frecuencia necesita contratar servicios locales? *

☐ Frecuentemente (Varias veces al mes).

☐ Ocasionalmente (Una vez al mes).

☐ Raramente.

☐ Nunca.

¿Qué tipo de servicios utiliza con mayor frecuencia? *

☐ Mecánicos

☐ Plomeros

☐ Electricistas

☐ Vulcanizadoras

☐ Otro: _____

¿Dónde suele buscar estos servicios? *

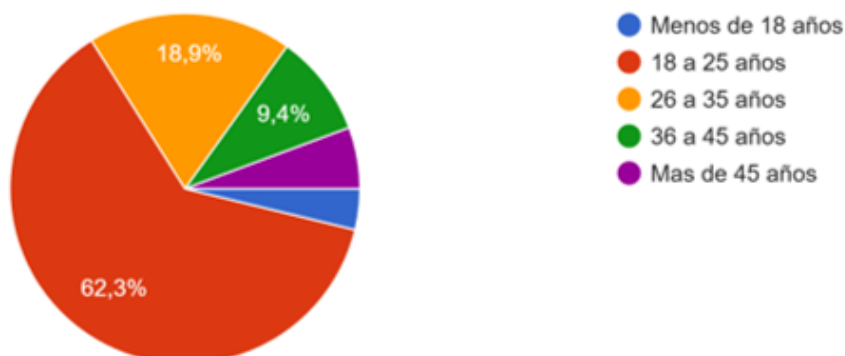
Figura 2. Captura del formulario de encuesta elaborada en Google Forms.
Fuente: Elaboración propia 2025.

Etapas 3. Recolección de información

La aplicación de los instrumentos de recolección de datos se llevó a cabo durante el mes de octubre de 2025, con la participación de 53 personas entre usuarios y prestadores de servicios locales de Ciudad Valles, San Luis Potosí. El proceso se realizó de manera en línea, utilizando el formulario digital elaborado en Google Forms. La recolección de datos tuvo como propósito obtener información relevante sobre las necesidades, hábitos de búsqueda, experiencias y nivel de confianza de los usuarios respecto a las plataformas digitales orientadas a la contratación de servicios. Se invitó a los participantes mediante redes sociales, contactos personales y visitas a pequeños establecimientos locales (Figura 3).

Edad:

53 respuestas



Sexo:

53 respuestas

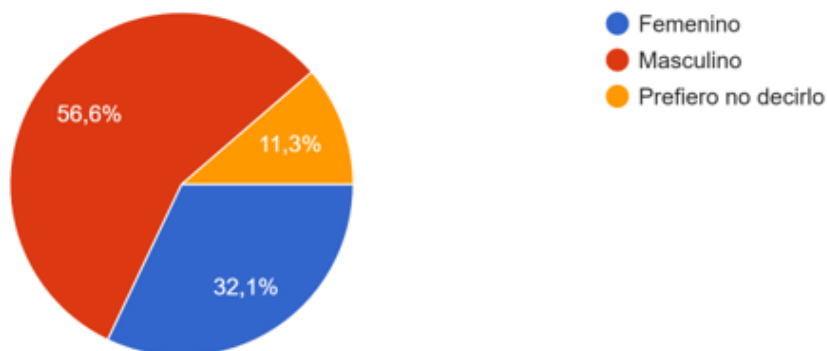


Figura 3. Muestra de la encuesta realizada para la recolección de información.

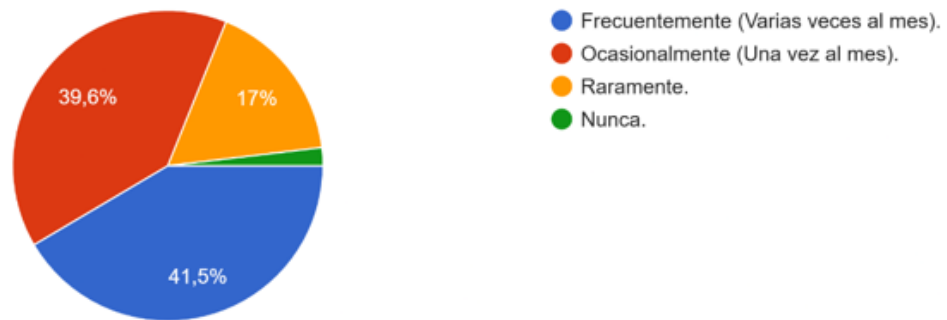
Fuente: Elaboración propia 2025.

Etapas 4. Análisis de datos

Posteriormente, se procedió al procesamiento y análisis de los resultados obtenidos mediante las encuestas y entrevistas. Esta etapa permitió identificar patrones de comportamiento y requerimientos funcionales para el desarrollo del sistema, tales como la necesidad de una interfaz sencilla, tiempos de búsqueda reducidos y acceso confiable a información actualizada (figura 4).

¿Con qué frecuencia necesita contratar servicios locales?

53 respuestas



¿Qué tipo de servicios utiliza con mayor frecuencia?

53 respuestas

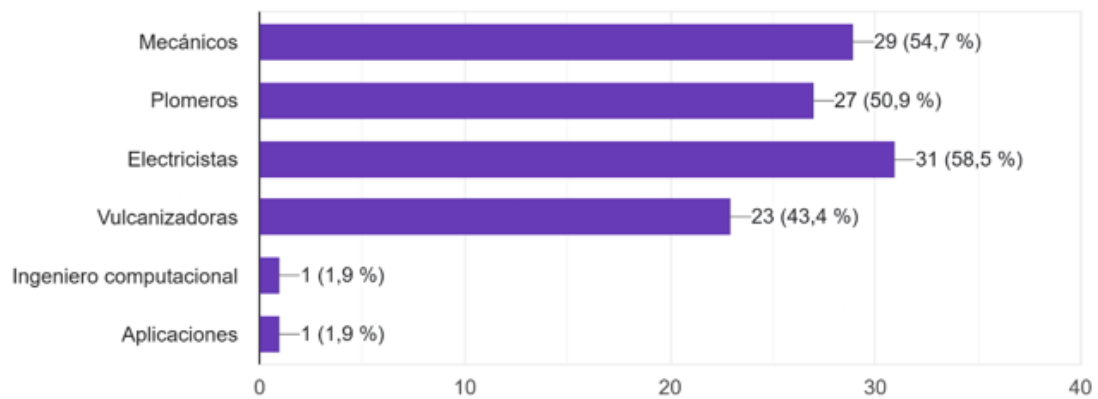


Figura 4. Frecuencia en la cual llegan a requerir servicios mencionados en la encuesta.
Fuente: Elaboración Propia (2025).

Incluyendo también análisis sobre qué servicios son los que más se pueden llegar a requerir para implementar esos requerimientos en el desarrollo del proyecto ServiceConect (Figura 5).

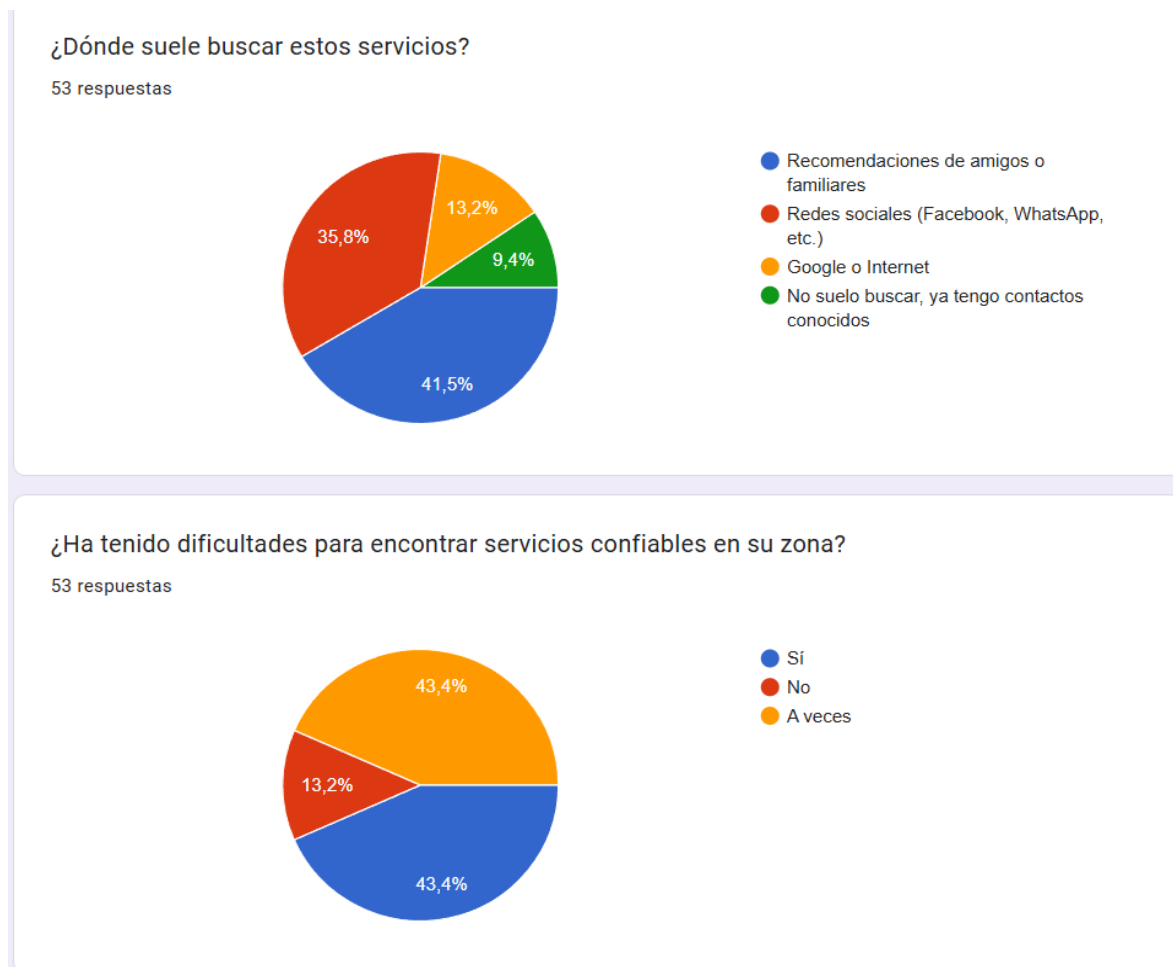


Figura 5. Información sobre la búsqueda que realizan las personas y su rango de dificultad.
Fuente: Elaboración Propia (2025).

Etapas 5. Desarrollo de la plataforma

En esta etapa se ha llevado a cabo el desarrollo progresivo de la plataforma web ServiceConect, utilizando tecnologías modernas que garantizan un funcionamiento eficiente, escalable y seguro. Para el frontend, se implementa el framework Angular, el cual facilita la creación de una interfaz dinámica, responsiva y adaptable a distintos dispositivos. En el backend, empleamos Laravel, framework basado en PHP que ofrece una arquitectura sólida y modular, permitiendo una mejor integración con la base de datos PostgreSQL, encargada de gestionar la información de usuarios, servicios y ubicaciones de manera estructurada y confiable.

Se han desarrollado los módulos principales correspondientes al registro y autenticación de usuarios, publicación de servicios, visualización mediante geolocalización y comunicación entre clientes y prestadores. Cada uno de estos componentes se diseña siguiendo principios de usabilidad, seguridad y eficiencia, con el propósito de ofrecer una experiencia de usuario óptima.

Para asegurar la calidad del software, se están realizando pruebas funcionales e integrales que permiten verificar la correcta interacción entre el frontend y el backend. Estas pruebas contemplan la validación de roles de usuario, la autenticación de cuentas y la respuesta de los servicios dentro del entorno web. Las pruebas muestran un tiempo promedio de respuesta de 98 milisegundos, lo que confirma un desempeño ágil y estable durante las operaciones del sistema. Asimismo, se alcanzó una cobertura de código del 87 %, reflejando un alto nivel de control en la detección de errores y mantenimiento del software.

Ahora en la parte del frontend, las evaluaciones de usabilidad y accesibilidad arrojan un puntaje promedio del 91 % en accesibilidad y 96 % en rendimiento general, de acuerdo con herramientas automatizadas de evaluación. Estos datos obtenidos de las pruebas confirman que la plataforma cumple con los estándares técnicos y de diseño requeridos para ofrecer una experiencia satisfactoria al usuario.

RESULTADOS

Durante la fase de pruebas y verificación del sistema ServiceConect, se realizaron evaluaciones técnicas y funcionales que demuestran la viabilidad del proyecto y la efectividad del modelo propuesto. Actualmente, el sistema se encuentra en una fase avanzada de desarrollo, con módulos implementados y otros en integración y prueba.

En los resultados cuantitativos se alcanzó una cobertura de código del 87 % en el backend desarrollado con Laravel y del 79 % en el frontend implementado con Angular. Estas métricas reflejan un nivel sólido de control y aseguramiento de la calidad del software. Las pruebas de rendimiento realizadas con Postman sobre la API de Laravel, utilizando una base de datos de 1,000 registros simulados, arrojaron un tiempo de respuesta promedio de 98 milisegundos, confirmando un desempeño eficiente y estable.

Asimismo, las auditorías realizadas con Google Lighthouse en la versión de prueba del sistema registraron los siguientes valores: Rendimiento 96, Accesibilidad 91 y Mejores Prácticas 95, resultados que indican una interfaz optimizada y alineada con los estándares de desarrollo web. Sobre los resultados cualitativos (producto funcional), hasta el momento, la aplicación presenta una versión funcional parcial con los siguientes módulos operativos:

Módulo de autenticación el cual permite el registro e inicio de sesión seguro (Figura 6).

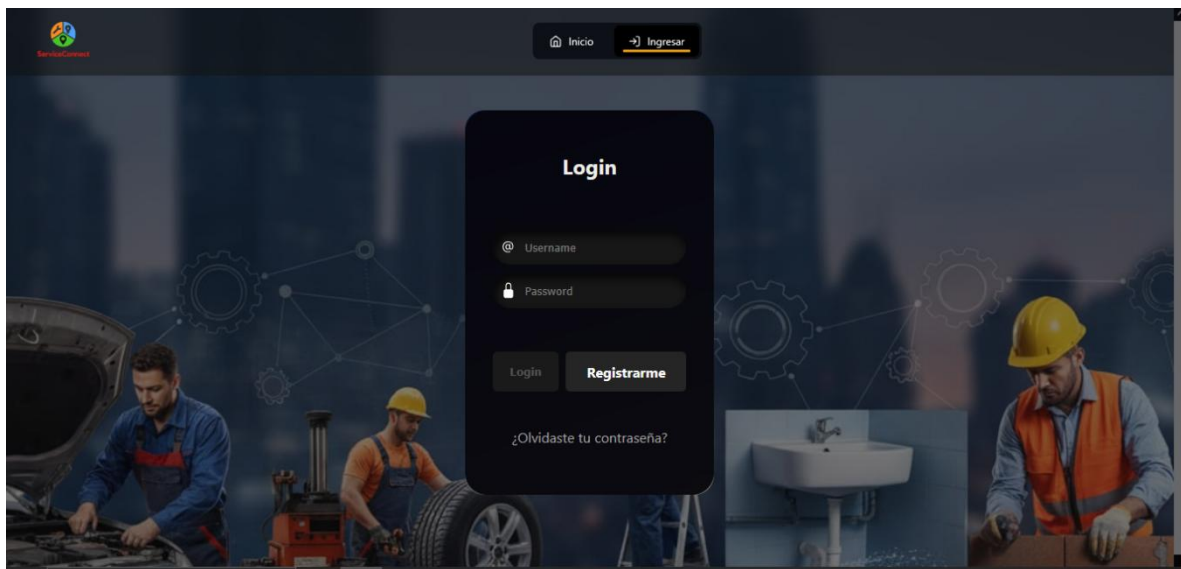


Figura 6. Pantalla de inicio de sesión y registro de la aplicación web.

Fuente: Elaboración propia (2025).

Módulo de vista de usuario, una interfaz limpia e intuitiva para filtrar servicios e interactuar con tarjetas dinámicas que redirigen a Google Maps para obtener direcciones (Figura 7).

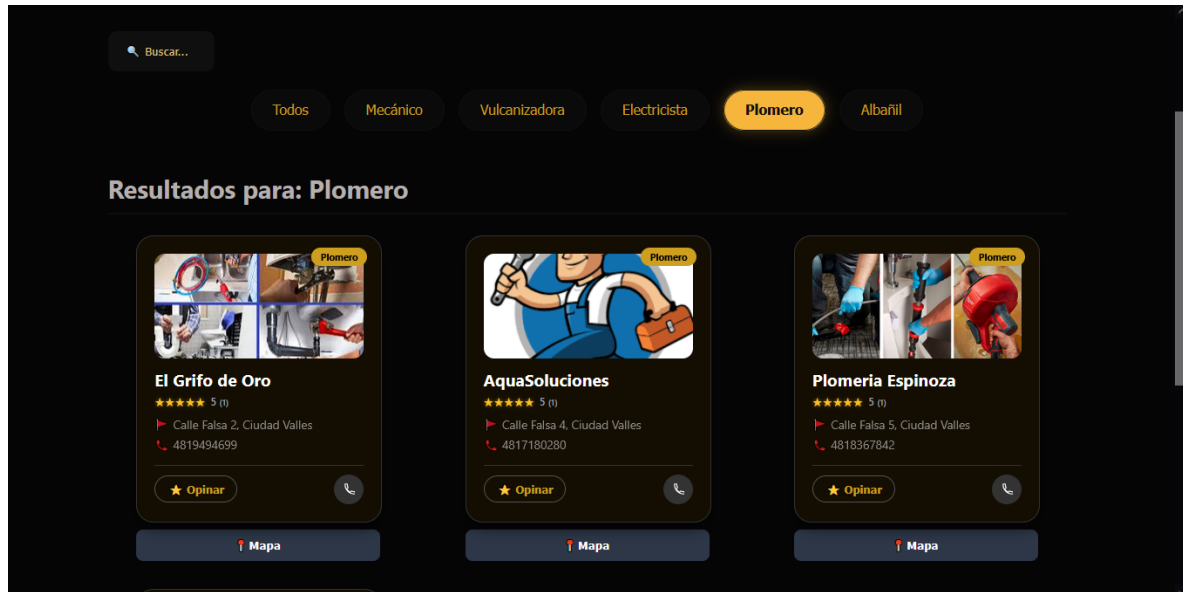


Figura 7. Vista de usuario con filtros y geolocalización de servicios.
Fuente: Elaboración propia (2025).

Módulo de mapa interactivo el cual muestra la ubicación geográfica de los proveedores registrados, facilitando la visualización de los servicios disponibles por zona (Figura 8).



Figura 8. Mapa interactivo de proveedores registrados.
Fuente: Elaboración propia (2025).

El módulo de administración, encargado de la gestión de proveedores y roles, se encuentra actualmente en desarrollo. Se prevé su finalización en la siguiente fase de implementación.

CONCLUSIONES

ServiceConect ha demostrado, una alta viabilidad técnica y funcional, evidenciada por los resultados obtenidos en las pruebas de rendimiento, accesibilidad y usabilidad. Los indicadores alcanzados en las auditorías técnicas, junto con la implementación de módulos operativos,

reflejan un avance significativo hacia la consolidación de una plataforma eficiente y escalable para la búsqueda y gestión de servicios locales.

Ahora desde el punto de vista tecnológico, el uso combinado de Angular para el frontend, Laravel para el backend y PostgreSQL para la administración de datos, ha permitido establecer una arquitectura moderna, segura y modular, capaz de soportar futuras ampliaciones del sistema. Los resultados preliminares confirman que las decisiones de diseño y la metodología aplicada son adecuadas para garantizar el rendimiento y la estabilidad del software.

En el ámbito social, ServiceConect representa una herramienta con un impacto positivo al fomentar la digitalización de oficios locales y facilitar la conexión entre usuarios y prestadores de servicios en Ciudad Valles, San Luis Potosí. La plataforma busca reducir tiempos de búsqueda, mejorar la confiabilidad de los servicios y promover la inclusión digital de pequeños negocios.

Aunque el proyecto aún se encuentra en una etapa intermedia de desarrollo, los avances alcanzados hasta el momento permiten concluir que ServiceConect cumple con los objetivos establecidos y posee un potencial de crecimiento considerable. Como trabajo futuro, se plantea la integración de una versión móvil con funciones avanzadas de geolocalización, calificaciones en tiempo real y comunicación directa entre usuarios y proveedores. Estas mejoras fortalecerán el impacto social y tecnológico del proyecto, consolidándolo como una solución innovadora y adaptable a las necesidades de la comunidad.

Referencias

- Angular.io. (14 de febrero de 2024). *Angular Framework*. Obtenido de <https://angular.io>
- Elmasri, R. (2011). *Fundamentals of Database Systems* (6 ed.). Boston: Addison-Wesley.
- García, L. (2021). *Transformación digital y desarrollo de plataformas web de servicios locales*. Ciudad de México: Editorial Alfa.
- <https://angular.io>, A. (. (s.f.).
- Laravel. (s.f.). *Laravel*. Obtenido de <https://laravel.com/docs>
- PostgreSQL Global Development Group. (2024). *PostgreSQL*. Obtenido de <https://www.postgresql.org/docs/>
- Pressman, R. S. (2010). *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. New York: McGraw-Hill.
- Santos, M. (2022). *Metodologías aplicadas al desarrollo de software web*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara Press.

DESARROLLO DE UN SOFTWARE COLABORATIVO PARA COMPARTIR RECURSOS ACADÉMICOS DIGITALES

DEVELOPMENT OF COLLABORATIVE SOFTWARE FOR SHARING DIGITAL ACADEMIC RESOURCES

Recibido: 29 de octubre de 2025

Aceptado: 31 de diciembre de 2025

Andrea Yamileth Martínez Muñoz
Tecnológico Nacional de México / IT de
Ciudad Valles

<https://orcid.org/0009-0003-7754-2342>

Autor de correspondencia:

22690413@tecvalles.mx

Miguel Angel Montoya Cruz
Tecnológico Nacional de México / IT de
Ciudad Valles

<https://orcid.org/0009-0007-8043-8297>

Fernando Domingo Espinoza
Tecnológico Nacional de México / IT de
Ciudad Valles

<https://orcid.org/0009-0005-4735-4644>

Marcelo Uribe Davila
Tecnológico Nacional de México / IT de
Ciudad Valles

<https://orcid.org/0009-0007-7901-8930>

RESUMEN

El presente artículo describe el proceso de desarrollo de un software que tiene como objetivo fomentar la colaboración entre estudiantes mediante recursos académicos. El proyecto se implementó utilizando la metodología ágil Kanban la cual resulta ideal para equipos con pocos integrantes al permitir un flujo constante del trabajo mediante la gestión visual de tareas en cinco fases: *backlog*, *ready*, *in progress*, *in review*, y *done*. A través de esta metodología fue posible llevar a cabo desde el análisis de requerimientos planteados, la definición de las etapas de desarrollo tanto para el *frontend* como para el *backend*, así como la asignación de actividades y el establecimiento de una comunicación continua entre los integrantes del equipo. El software se desarrolló con tecnologías como React para la capa visual e interactiva, Node.js y Express para el manejo del servidor y las peticiones, y PostgreSQL como gestor de base de datos. Asimismo, se utilizó Docker para el despliegue y las pruebas en entornos controlados. El resultado es una aplicación *web* completa y funcional para la colaboración académica mediante recursos digitales entre estudiantes.

Palabras clave: programación, kanban, tecnologías, biblioteca, *web*

Abstract

This article describes the development process of software designed to foster collaboration among students using academic resources. The project was implemented using the Kanban agile methodology, which is ideal for small teams as it allows for a continuous workflow through the visual management of tasks in five phases: *backlog*, *ready*, *in progress*, *under review*, and *done*. This methodology enabled the analysis of requirements, the definition of development stages for both the *frontend* and *backend*, the assignment of tasks, and the establishment of continuous communication among team members. The software was developed using technologies such as React for the visual and interactive layer, Node.js and Express for server management and requests, and PostgreSQL as the database management system. Docker was used for deployment and testing in controlled environments. The result is a complete and functional *web* application for academic collaboration among students using digital resources.

Keywords: programming, Kanban, technologies, library, *web*

INTRODUCCIÓN

El internet actualmente es una de las herramientas más utilizadas en cuestiones académicas o la vida diaria, el acceso a recursos académicos digitales se ha incrementado y se han posicionado como plataformas indispensables que permiten la consulta y el aprovechamiento de la información.

Existen diversas plataformas con el concepto de biblioteca compartida, por ejemplo:

NCore plataforma de software y arquitectura de código abierto para la creación de bibliotecas digitales flexibles y colaborativas. Desarrollada por el proyecto Biblioteca Digital Nacional de Ciencias (NSDL), constituye su infraestructura técnica central. Consta de un repositorio digital central basado en Fedora, un modelo de datos específico, una API y un conjunto de servicios de *backend* y herramientas de *frontend* que crean un nuevo modelo para bibliotecas digitales colaborativas y contributivas. (Krafft , Birkland y Cramer, 2018, p.1)

Según lo señalado por Underwood, Black, Auvil y Capitanu (2013):

Las bibliotecas abarcan varios siglos, los géneros identificados pueden cambiar gradualmente a lo largo del tiempo. Debido a que los volúmenes son mucho más extensos que los artículos, tienden a ser internamente heterogéneos, y la clasificación debe comenzar con la segmentación. Describimos una solución multicapa que entrena modelos ocultos de Markov para segmentar volúmenes y utiliza conjuntos de clasificadores superpuestos para abordar el cambio histórico. Probamos este enfoque en una colección de 469,200 volúmenes de la Biblioteca Digital HathiTrust. Para demostrar el valor humanístico de estos métodos, extraemos 32,209 volúmenes de ficción de la biblioteca digital y analizamos la evolución de la proporción de narración en primera y tercera persona en el corpus (p.1-3).

En el presente artículo se describe el uso de la metodología Kanban y sus principales características para la implementación de un software colaborativo. Según Castellano (2019) Esta metodología busca conseguir un proceso productivo, organizado y eficiente. Se creó en Toyota (Japón) y se utiliza para controlar el avance del trabajo en una cadena de producción. Forma parte de la metodología Lean Manufacturing basada en la utilización de técnicas just-in-time (JIT). El principal objetivo del sistema Kanban es asegurar una tasa de producción sostenible para evitar exceso de producto terminado, cuellos de botella y retrasos en la entrega de pedidos. Los trabajos en curso deben organizarse en función de la capacidad del centro de trabajo y equipos. Requiere una comunicación en tiempo real sobre la capacidad y una transparencia del trabajo total.

Este proyecto de innovación e investigación pretende comprender cuáles son las prácticas colaborativas que pueden ayudar a mejorar el aprendizaje, generando así mayor capacidad colectiva mediante una herramienta tecnológica.

Ante la identificación de las áreas de oportunidad, se vuelve necesario desarrollar una herramienta que facilite la gestión y el intercambio de recursos educativos, promoviendo la colaboración. El objetivo principal de este proyecto es desarrollar un software colaborativo que permita a los estudiantes compartir, comentar y organizar recursos académicos por materia. El software integra un sistema de registro de usuarios, clasificación de materias por categorías y un módulo de interacción mediante comentarios y votos.

METODOLOGÍA

Problemática

Actualmente no existe ningún software especial en línea en el que se pueda compartir recursos de interés académico entre los estudiantes de las diversas carreras del Instituto Tecnológico de Ciudad Valles.

Debido a lo anterior surgió nuestra propuesta de innovación, la cual se explica en el presente artículo, utilizando una investigación que se clasifica como aplicada y con un enfoque descriptivo-técnico.

Metodología de desarrollo

La metodología utilizada durante el desarrollo del software se enfocó en el uso de prácticas ágiles y con la incorporación de diversas tecnologías actuales para asegurar que el procedimiento de implementación se llevará a cabo de manera organizada y eficiente. En este apartado se describe el enfoque metodológico así como las herramientas empleadas para el desarrollo del sistema.

La metodología ágil Kanban fue la seleccionada para el desarrollo del software porque es apropiada para equipos pequeños que tienen ciclos de trabajo continuos y se adaptó bien a nuestro caso. Kanban posibilita una visualización clara del avance a través de un tablero fraccionado en fases que simbolizan la situación de cada tarea dentro del proceso de desarrollo.

El tablero Kanban del proyecto se estructuró en las siguientes cinco fases, utilizando la herramienta de gestión de proyectos Github Projects:

- **Backlog:** para la recopilación inicial de los requerimientos, ideas y funcionalidades propuestas.
- **Ready:** tareas priorizadas y listas para ser desarrolladas.
- **In Progress:** especifica las actividades que se encuentran en proceso de implementación.
- **In Review:** tareas completadas y en revisión por parte del equipo.
- **Done:** actividades ya finalizadas y con aprobación del equipo.

Kanban se basa en principios Lean y se implementa mediante tableros visuales que permiten observar el estado de las tareas en columnas como “Backlog”, “In progress” y “Done” (Castillo y Guaña, 2024). Esta visualización facilita la comprensión global del avance del proyecto y permite identificar de manera temprana los cuellos de botella.

Como mencionan Castillo y Guaña (2024), Kanban se caracteriza por promover la eficiencia, la transparencia del flujo de trabajo y la colaboración dentro del equipo. Su origen en el Sistema de Producción de Toyota le proporciona una orientación hacia la mejora continua, limitando el trabajo en progreso y permitiendo que las tareas fluyan de manera constante a través del sistema. Este enfoque resultó especialmente adecuado para nuestro proyecto, ya que permitió organizar,

priorizar y distribuir las actividades tanto del *frontend* como del *backend* de forma flexible.

Además, Castillo y Guaña, (2024) destacan que Kanban es una metodología adaptable a diversos lenguajes, entornos y arquitecturas de software, característica que coincidió con las necesidades del proyecto. Esto permitió la integración de tecnologías como React para la interfaz de usuario, Node.js y Express para el servidor, PostgreSQL como base de datos y Docker para la ejecución en entornos controlados.

En resumen, la selección de la metodología Kanban nos permitió gestionar el proyecto de forma ordenada, y visualmente clara, lo que contribuyó a un desarrollo más eficiente.

Tecnologías utilizadas

Para desarrollar el software, se utilizó un conjunto de herramientas tecnológicas que facilitaron la creación de una aplicación moderna y escalable. Las tecnologías más relevantes que se implementaron fueron:

Frontend

El Diseño de Interfaz de Usuario adquiere una elevada importancia en la usabilidad, la experiencia de usuario y la calidad del software, de esta manera se hace énfasis en la relevancia de un buen desarrollo de la parte visual del sistema (Labrada, 2020).

Así que se empleó React, una biblioteca de JavaScript que simplifica la creación de componentes reutilizables, el manejo del estado y la actualización correcta de la interfaz. React posibilitó que se desarrollara un entorno dinámico en el cual los usuarios tienen la posibilidad de navegar y visitar los diferentes recursos digitales académicos con facilidad.

Backend

La API REST fue implementada gracias al uso de Node.js y del framework Express, lo que posibilitó al servidor gestionar las peticiones, verificará los datos, administra las sesiones de usuario y de esta forma manejar la lógica del sistema.

Base de datos

Para esta sección del proyecto se empleó PostgreSQL, ya que es un gestor de bases de datos relacional sólido, eficiente y con mucha documentación, para, de esta manera, lograr almacenar la información. La base de datos fue creada con tablas principales como recursos académicos y usuarios, de igual manera la definición de campos y relaciones entre ellas lo cual ha posibilitado la organización estructurada de los datos.

Contenedores y despliegue

En base a las pruebas y con el objetivo final de asegurar un entorno de ejecución controlado y replicable, se utilizó Docker. Esta herramienta nos posibilita crear contenedores independientes para el servidor, la base de datos y otros servicios necesarios para el funcionamiento del software. Su uso permitió realizar las tareas de prueba y despliegue.

Arquitectura del sistema

El software se implementó como una arquitectura cliente–servidor, compuesta por las dos capas principales:

- **Frontend:** esta es la interfaz diseñada para el cliente, que permite la interacción visual con el usuario y su desarrollo fue con React.
- **Backend:** el servidor es responsable del procesamiento de datos, lógica del sistema y gestión de peticiones, su implementación se llevó a cabo con Node.js y Express.

Lizama, Kindle, Jeira, y Gonzalez (2016) definen a la parte del cliente como programa ejecutable que participa activamente en el establecimiento de las conexiones. Envía una petición al servidor y se queda esperando por una respuesta. Su tiempo de vida es finito, una vez que son servidas sus solicitudes, termina el trabajo.

Por otro lado, los mismos autores describen a la parte del servidor como un programa que ofrece un servicio que se puede obtener en una red. Acepta la petición desde la red, realiza el servicio y devuelve el resultado al solicitante. Al ser posible implantarlo como aplicaciones de programas, puede ejecutarse en cualquier sistema donde exista TCP/IP y junto con otros programas de aplicación. El servidor comienza su ejecución antes de comenzar la interacción con el cliente.

Finalmente, el sistema se desplegó en contenedores haciendo uso de la tecnología Docker, lo que garantizó entornos de prueba aislados y replicables para cada servicio: servidor, base de datos y herramientas auxiliares.

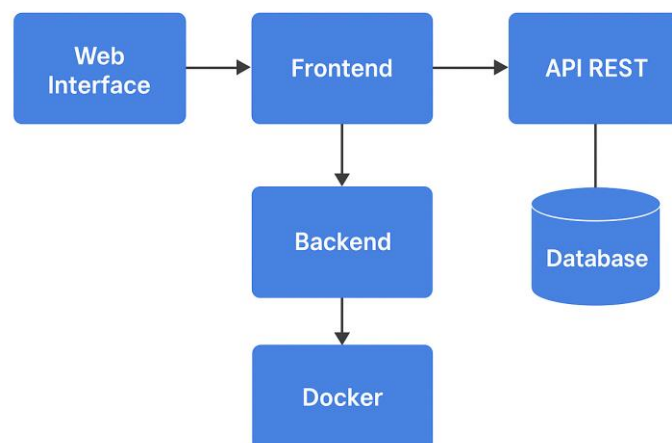


Figura 1

Arquitectura general del sistema

Nota: La Figura 1 muestra de manera general la arquitectura cliente-servidor empleada en el proyecto. Fuente: Propia

Diseño de la base de datos

El diseño y desarrollo de la base de datos, fue implementada usando PostgreSQL, y cuenta con una estructura relacional para de esta manera lograr la integridad de los datos. Las tablas diseñadas fueron la siguientes:

- **Usuarios:** almacena los datos de identificación básicos como el nombre, correo, contraseña, y fecha de registro, de tal manera estos mismos datos sirven de autenticación.
- **Recursos:** incluye diferentes campos, entre los principales están el identificador, título, descripción, enlaces, además de su autor, fecha en que fue subido y materia asociada.
- **Materias:** en esta tabla se almacenan principalmente los nombres de las materias a las que los recursos estarán asociados.
- **Votos:** guarda la cantidad de votos asociados a un recurso en tiempo real, además clasifica el voto como positivo o negativo, para de esta manera aumentar o disminuir la cantidad al instante.
- **Comentarios:** esta tabla contiene los campos que almacenan el contenido de las diferentes interacciones asociadas con cada recurso.

Por ende, las tablas se asocian a través de llaves foráneas y primarias, lo que posibilita un flujo óptimo y organizado de los datos.

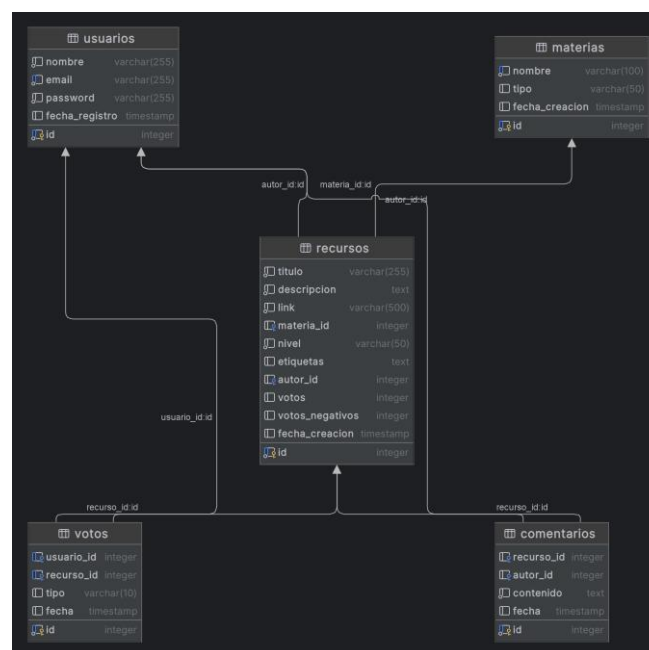


Figura 2

Diagrama entidad relación

Nota: En la figura 2 se muestra el diagrama entidad relación en el que se rige la base de datos.

Fuente: Propia

Flujo de usuario

El funcionamiento en general del sistema se resume en un proceso sencillo:

1. El usuario ingresa primeramente al sistema y puede observar los recursos académicos disponibles ordenados de manera que los más recientes se muestran primero.
2. Una vez dentro puede buscar, navegar y entrar a consultar los recursos publicados.
3. Si el usuario está registrado tiene la opción de subir nuevos recursos agregando título, descripción y demás, y si no se encuentra registrado, existe un apartado de registro.
4. Si el usuario se encuentra firmado en el sistema puede interactuar comentando y votando diferentes recursos académicos según lo considere.
5. En su panel personal puede administrar sus aportaciones y consultar la cantidad de comentarios y votos en sus recursos publicados.



Figura 3

Diagrama del flujo de usuario

Nota: En la presente figura se observa de manera clara el flujo de usuarios en el sistema.

Fuente: Propia

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El desarrollo del software dio como resultado una aplicación *web* colaborativa totalmente funcional en su primera versión, fue creada para simplificar la colaboración mediante recursos académicos digitales entre estudiantes. El sistema integra un *frontend* dinámico, un *backend* robusto y una base de datos con una estructura que funciona en conjunto mediante API REST.

Los siguientes son los resultados más importantes obtenidos:

Módulos funcionales del sistema

Como resultado del desarrollo del sistema, se lograron los objetivos propuestos en cuanto a la funcionalidad de todos los módulos, logrando un sistema completamente funcional. Los principales módulos son los siguientes.

Módulo de autenticación de usuarios

Este módulo permite el inicio de sesión o registro mediante credenciales básicas. Incluye las validaciones, y manejo de sesiones. Su principal función consiste en garantizar acceso seguro a las funcionalidades completas del sistema.

The figure displays two web forms side-by-side. The left form, titled 'Iniciar Sesión' (Login), features a lock icon, a subtitle 'Accede a tu biblioteca digital', and input fields for 'Correo Electrónico' (Email) and 'Contraseña' (Password). It includes a 'Recordarme' (Remember me) checkbox and a blue 'Iniciar Sesión' button. Below the button are links for '¿No tienes cuenta? Regístrate' and 'Volver al inicio'. The right form, titled 'Crear Cuenta' (Create Account), features a plus icon, a subtitle 'Únete a la comunidad estudiantil', and input fields for 'Nombre Completo', 'Correo Electrónico', and 'Contraseña'. It includes a 'Minimo 6 caracteres' note and a blue 'Crear Cuenta' button. Below the button are links for '¿Ya tienes cuenta? Inicia sesión' and 'Volver al inicio'.

Figura 4

Módulos de inicio de sesión y registro

Nota: En la Figura 4 se observan las interfaces de inicio de sesión y registro. Fuente: Propia

Módulo de búsqueda y filtrado

Esta funcionalidad contiene un sistema de filtros por fecha de creación, materia, y nivel, además de contar con un buscador que identifica palabras clave asociadas a recursos académicos.

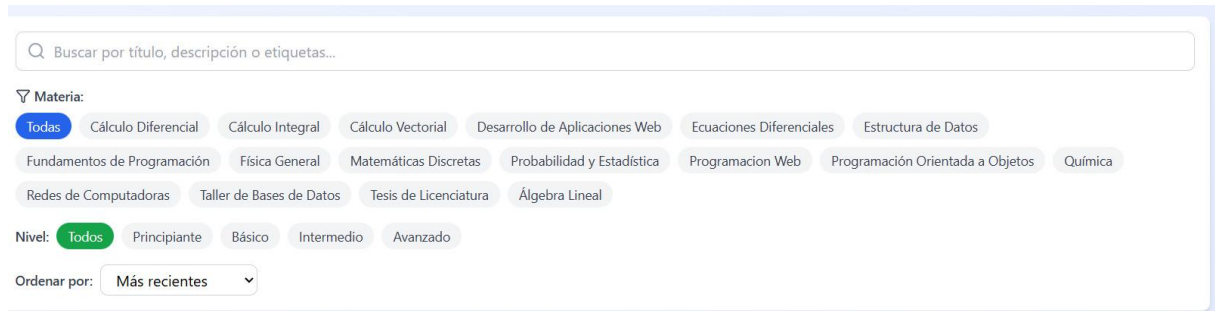


Figura 5

Módulo de búsqueda y filtrado

Nota: La Figura 5 muestra la interfaz del módulo de búsqueda y filtrado. Fuente: Propia

Módulo del panel de usuario

Para este apartado cada usuario tiene un área en la que puede administrar y listar todos sus recursos publicados, subir uno nuevo, modificar la información, o borrar material que haya compartido anteriormente. Además, puede observar el número total de interacciones en sus recursos publicados.

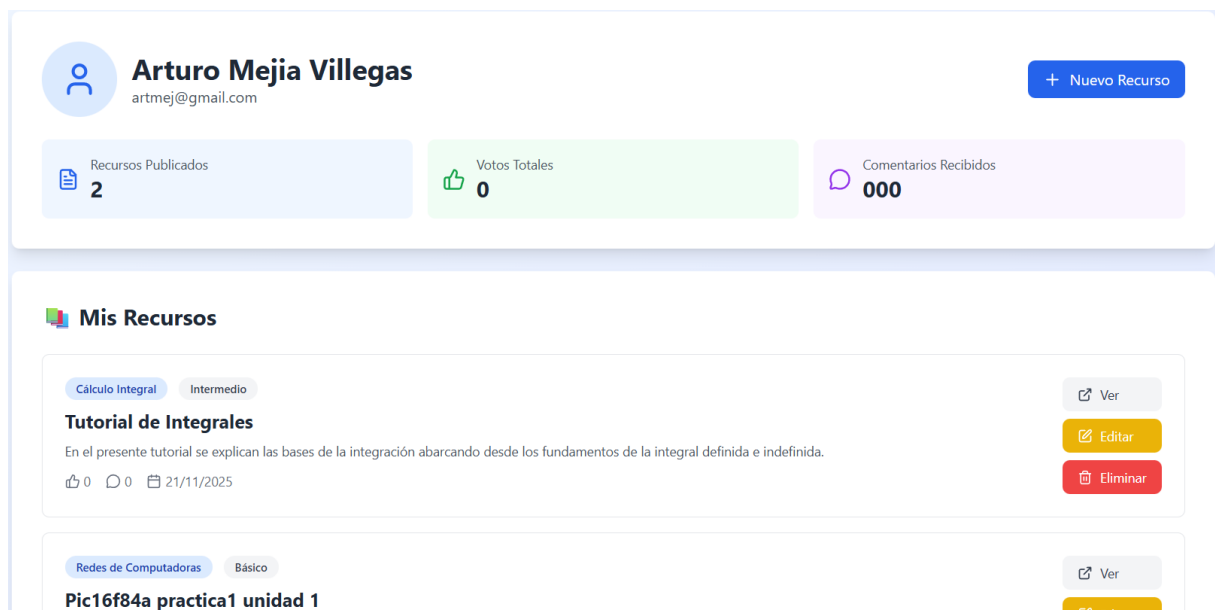


Figura 6

Panel de usuario

Nota: En la Figura 6 se muestra la interfaz del panel de usuario en donde se observan diferentes funcionalidades. Fuente: Propia

Módulo para subir recursos académicos

Este apartado del sistema permite a los usuarios publicar recursos académicos, añadiendo descripciones, organizarlo por materia o categoría y además asignarle un nivel de dificultad.

Subir Nuevo Recurso
Comparte recursos académicos con la comunidad estudiantil

Título del Recurso *

Ej: Guía rápida de Derivadas

Descripción *

Describe el contenido, nivel de dificultad, y por qué es útil...

Link al Recurso *

https://drive.google.com/...

Google Drive, YouTube, Dropbox, etc.

Categoría / Materia *

Selecciona una materia

Nivel de Dificultad *

Básico

Figura 7

Modulo para subir recursos académicos

Nota: La Figura 7 muestra la interfaz que permite a los usuarios subir nuevos recursos académicos. Fuente: Propia

Mostrando 3 recursos

Matemáticas Discretas Intermedio

Pic16f84a practica1 unidad 1
practica en ensamblador

codigo simulacion

Mikel Angel Montoya Cruz 14/11/2025

0 0 0 0 **Abrir**

Cálculo Diferencial Intermedio

Guía de Derivadas
Apuntes completos con ejercicios

derivadas ejercicios matemáticas

Juan Pérez 14/11/2025

1 0 +1 2 **Abrir**

Cálculo Diferencial Intermedio

Guía completa de Cálculo Diferencial
Apuntes completos con ejercicios resueltos paso a paso

derivadas límites ejercicios

Juan Pérez 13/11/2025

1 0 +1 0 **Abrir**

Figura 8

Interfaz de los recursos publicados

Nota: La Figura 8 muestra cómo se observan todos los recursos publicados en el sistema. Fuente: Propia

Ambiente de ejecución seguro

Con Docker, logramos dividir el servidor y la base de datos en contenedores autónomos. Esto facilitó las pruebas y los despliegues, evitando dificultades de configuración entre distintas

computadoras.

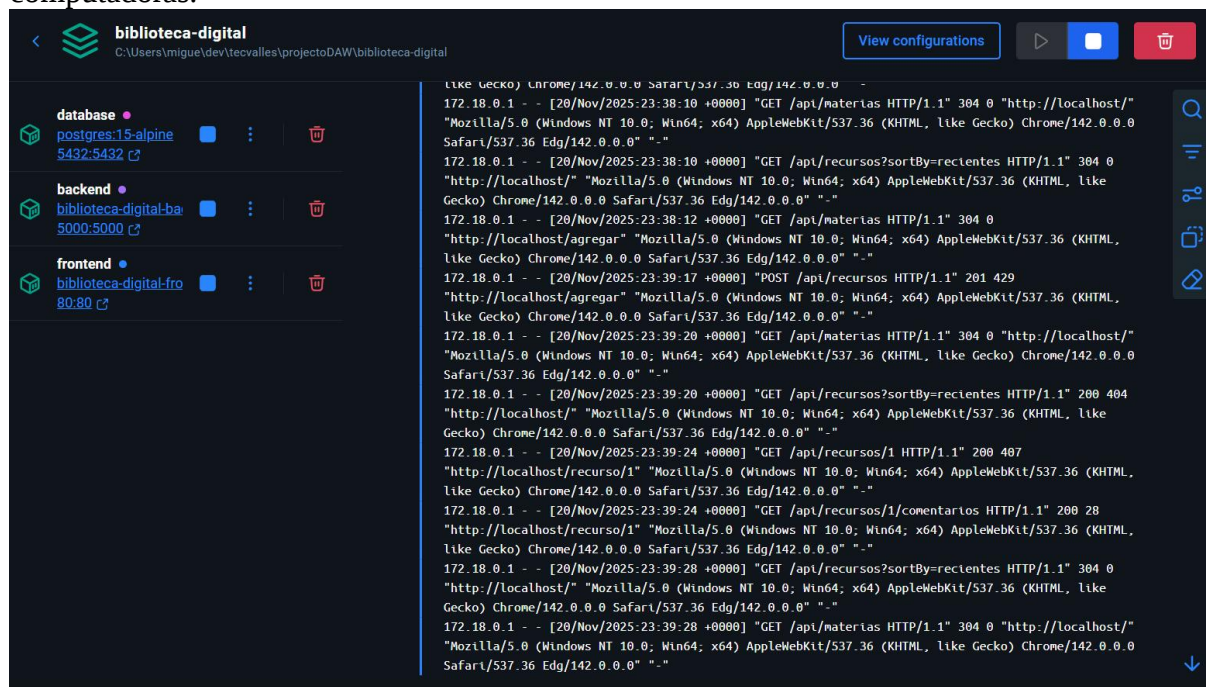


Figura 9

Estructura de contenedores docker

Nota: La figura 9 muestra la estructura implementada y corriendo en docker para los diversos contenedores de la parte del *frontend*, *backend* y la base de datos. Fuente: Propia

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Desde hace varios años las plataformas digitales se han convertido en una herramienta trascendental. Por ello las tecnologías con enfoque académico ayudan a mejorar el aprendizaje de los estudiantes.

En base a la implementación de una metodología ágil como la Kanban, el desarrollo del sistema propuesto fue concluido con éxito.

En esta ocasión se desarrolló un sistema enfocado principalmente para estudiantes con la intención de ser una opción que ayude a fomentar el trabajo colaborativo a través de recursos académicos digitales con contenido de interés para alumnos de las diversas carreras del instituto.

Hasta el momento se ha desarrollado la primera versión de este sistema con éxito en base a los objetivos propuestos. Por supuesto que el equipo de desarrollo ha considerado mejoras a futuro como el implementar un apartado para subir trabajos de fin de grado como tesis o investigaciones, así como también permitir publicar archivos desde el dispositivo de preferencia del usuario, los cuales se quedarán almacenados en un servidor y a disposición de todos los usuarios, siempre contemplando las medidas pertinentes de seguridad.

REFERENCIAS

Castellano Lendínez, L. (2019). Kanban. Metodología para aumentar la eficiencia de los procesos. *3C Tecnología_Glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 29(1), 30–41. <https://doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n1e29/30-41>

Castillo Anzules, M., & Guaña Moya, E. J. (2024). Kanban: Una metodología ágil para la gestión eficiente del flujo de trabajo en el desarrollo de software, una revisión sistemática. *Revista Ingenio global*, 3(1), 17–28. <https://doi.org/10.62943/rig.v3n1.2024.68>

Krafft, D. B., Birkland, A., & Cramer, E. J. (2008). *NCore: Architecture and Implementation of a Flexible, Collaborative Digital Library* (No. arXiv:0803.1500). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.0803.1500>

Labrada, S. M. (2020). Principios del proceso de diseño de interfaz de usuario. *Revista Cubana de Transformación Digital*, 1(3), 143–155.

Lizama, O., Kindley, G., Morales, J. I. J., & Gonzales, A. (s/f). *Redes de computadores Arquitectura Cliente—Servidor*.

Underwood, T., Black, M. L., Auvil, L., & Capitanu, B. (2013). Mapping Mutable Genres in Structurally Complex Volumes. *2013 IEEE International Conference on Big Data*, 95–103. <https://doi.org/10.1109/BigData.2013.6691676>

Nenek-World: plataforma digital bilingüe en lengua tenek para la integración de saberes tradicionales y agroindustriales

Nenek-World: a bilingual digital platform in the Tenek language for integrating traditional and agro-industrial knowledge

Recibido: 29 de octubre de 2025

Aceptado: 31 de diciembre de 2025

M.V. Molina Cantú

Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Valles

ORCID:0009-0000-7457-3686

J.M. Salazar Mata

Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Valles

M. López Hernández

Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Valles

ORCID: 0009-0002-0441-7092

M.M. Hernández Hernández

Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Valles.

ORCID: 0009-0001-7711-700X

Autor de correspondencia:

22690257@tecvalles.mx

RESUMEN

El trabajo presenta la primera fase del proceso de diseño e implementación de la plataforma digital bilingüe Nenek-World, cuyo propósito es contribuir a la preservación de la lengua Tenek y al fortalecimiento de los saberes agroindustriales tradicionales en comunidades indígenas de la Huasteca Potosina. Durante esta etapa inicial se desarrolló un prototipo web interactivo que reúne contenidos en Tenek y español, enfocados en el aprendizaje de prácticas de cultivo, transformación y comercialización de productos agrícolas. Se empleó una metodología de enfoque mixto que integró entrevistas semiestructuradas, encuestas comunitarias y pruebas de usabilidad, con el fin de evaluar la aceptación, funcionalidad y pertinencia cultural de la plataforma. En su diseño se priorizó la accesibilidad, la facilidad de uso y la posibilidad de funcionamiento en contextos con conectividad limitada mediante recursos descargables. Los resultados preliminares muestran una respuesta favorable por parte de los usuarios y un marcado interés por incorporar el idioma Tenek en herramientas tecnológicas con fines educativos y productivos. En conjunto, esta fase sienta las bases tecnológicas y culturales para el crecimiento futuro del proyecto, contemplando la incorporación de nuevos módulos, recursos interactivos y la eventual integración de otras lenguas originarias, lo que posiciona a la plataforma como una propuesta viable para impulsar el desarrollo sostenible, la autonomía productiva y la revitalización lingüística en la región.

Palabras clave: Plataforma digital bilingüe, lengua Tenek, conocimientos tradicionales, agroindustria, educación intercultural, comunidades indígenas.

Abstract

This paper presents the first phase in the design and implementation of the bilingual digital platform Nenek-World, aimed at supporting the preservation of the Tenek language and strengthening traditional agro-industrial knowledge in indigenous communities of the Huasteca Potosina region. An interactive web prototype was developed integrating content in Tenek and Spanish, focused on learning cultivation practices, product processing, and commercialization strategies. A mixed-methods approach was applied, including semi-structured interviews, community surveys, and usability testing to assess the platform's acceptance, functionality, and cultural relevance. The system design emphasized accessibility, ease of use, and operation in low-connectivity environments through downloadable resources. Preliminary findings show positive user acceptance and a strong interest in incorporating

the Tenek language into technological tools for educational and productive purposes. This phase provides the technological and cultural foundation for future expansion, including new modules and interactive resources, positioning the platform as a promising initiative for sustainable development, productive autonomy, and linguistic revitalization in the region.

Keywords: Bilingual digital platform, Tenek language, traditional knowledge, agroindustry, intercultural education, indigenous communities.

INTRODUCCIÓN

La región huasteca de San Luis Potosí posee una significativa riqueza cultural y agrícola. Sin embargo, enfrenta una doble problemática: la pérdida acelerada del idioma Tenek (o Huasteco) y la erosión de las técnicas agroindustriales tradicionales. A nivel nacional, las lenguas indígenas enfrentan un grave riesgo de desaparición; el Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (INPI) reporta que el 50% de las lenguas originarias en México están en peligro de extinguirse, un contexto que afecta directamente al Tenek (INPI, 2016). En el ámbito de la economía agrícola, se ha señalado que la comercialización de productos con escaso valor agregado representa una de las principales limitaciones para el desarrollo económico de los pequeños productores, además de afectar la continuidad de los sistemas alimentarios tradicionales y la sostenibilidad de sus ingresos (FAO, 2021).

Ante este panorama, surge el proyecto Nenek-World Agroindustrial, concebido como una plataforma que se articula con enfoques actuales de revitalización lingüística. En este sentido, la UNESCO destaca el papel de las tecnologías de la información y la comunicación como herramientas clave para la preservación y promoción de las lenguas, debido a su capacidad para generar entornos de aprendizaje accesibles e innovadores (UNESCO, 2021). Asimismo, el concepto de “tecnología apropiada” o *design for the margins*, propuesto por autores como Kentaro Toyama, plantea que las soluciones dirigidas a comunidades rurales deben caracterizarse por su bajo costo, facilidad de uso y funcionalidad en contextos con infraestructura limitada, como ocurre con la conectividad intermitente a internet (Toyama, 2015). Estos planteamientos respaldan decisiones de diseño como la simplicidad de la interfaz, el uso de contenidos descargables y la implementación de servidores locales.

La propuesta se distingue de los modelos tradicionales de capacitación agrícola al priorizar la inclusión lingüística y la accesibilidad en entornos rurales. Esto se materializa en una interfaz intuitiva, la disponibilidad de recursos para consulta sin conexión y la posibilidad de operar mediante servidores locales, lo que permite reducir una de las barreras digitales más frecuentes en estas comunidades (García & López, 2023; Fernández, 2022).

El estudio se estructura en torno a tres ejes principales. El primero se centra en la revitalización del Tenek a partir de su uso en contextos prácticos, sustentado en el enfoque de “inmersión en dominios vitales”, el cual plantea que el empleo de la lengua en ámbitos económicos, productivos y tecnológicos contribuye a incrementar su valor social y funcional (Fishman, 1991).

El segundo eje, la transferencia de conocimientos, se vincula con el concepto de “diálogo de saberes”, donde el conocimiento tradicional y el científico-tecnológico se interrelacionan para mejorar la productividad y sostenibilidad (E. Leff, 2004). Finalmente, el objetivo último de

demostrar que la educación digital contextualizada es un instrumento para la autonomía refleja los principios de desarrollo endógeno, que prioriza el uso de los recursos y conocimientos locales para impulsar un crecimiento autodeterminado (Vázquez-Barquero, 2005).

METODOLOGÍA

El desarrollo del proyecto Nenek-World se realizó mediante 4 etapas:

Etapas 1. Diagnóstico inicial

Se aplicaron entrevistas cualitativas (método de embudo) a 20 productores y jóvenes Tenek de distintas comunidades de la Huasteca potosina. Las entrevistas abordaron temas de uso del idioma, prácticas agrícolas, acceso a tecnología y disposición hacia herramientas digitales.

Etapas 2. Diseño de la plataforma

A partir de la información recabada en las entrevistas, se desarrolló el prototipo de la plataforma Nenek World implementando las siguientes tecnologías:

HTML5, CSS3 y JavaScript: Estos lenguajes fueron empleados para el desarrollo de la interfaz gráfica de usuario. HTML5 estructuró el contenido semántico de la plataforma, CSS3 proporcionó el estilo visual con diseño adaptable para diferentes dispositivos, y JavaScript permitió la interactividad dinámica en el navegador para funciones como la búsqueda en tiempo real en el glosario y los cuestionarios de los video-tutoriales (Mozilla Developer Network, 2024).

PHP: Se utilizó para la lógica del lado del servidor, gestionando las solicitudes de usuario y la comunicación con la base de datos. PHP permite una integración fluida con los componentes front-end y el manejo eficiente de datos persistentes como el progreso de aprendizaje y el contenido comunitario (PHP Group, 2024).

Módulos desarrollados:

Glosario técnico agroindustrial bilingüe (Tenek-español) con función de búsqueda en tiempo real, Sistema de video-tutoriales sobre técnicas de cultivo, conservación y transformación de productos locales, Sección de intercambio comunitario "Aprendamos juntos", Panel de retroalimentación y seguimiento del progreso del usuario

Etapas 3. Prueba piloto

Se realizó una validación de usabilidad con 10 usuarios (5 productores y 5 jóvenes bilingües), quienes interactuaron con el prototipo y respondieron un cuestionario sobre claridad, utilidad, accesibilidad y pertinencia cultural.

Etapas 4. Visualización y procesamiento de datos

Para garantizar una experiencia de usuario fluida y accesible en la plataforma Nenek-World, se implementó un sistema de visualización mediante diseño adaptable (responsive design) utilizando el framework CSS Bootstrap. Esta elección se justifica en los hallazgos de la etapa de diagnóstico, donde se identificó que los usuarios acceden a contenido digital principalmente

mediante dispositivos móviles con diferentes resoluciones y características técnicas (Bootstrap Team, 2024).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Etapas 1. Diagnóstico inicial:

El diagnóstico realizado mediante entrevistas a 20 productores y jóvenes Tenek de distintas comunidades de la Huasteca potosina revela que las comunidades Tenek enfrentan una encrucijada crítica donde los factores de erosión cultural y económica se retroalimentan. Sin embargo, el diagnóstico revela que existe capital social, cultural y tecnológico suficiente para implementar con éxito una estrategia como Nenek-World. El factor decisivo será la capacidad de integrar la revitalización lingüística con mejoras tangibles en los ingresos familiares, demostrando a los jóvenes el valor práctico de su herencia cultural en el mundo contemporáneo.

El 90% de aceptación proyectada hacia la plataforma sugiere que la comunidad reconoce esta necesidad y está preparada para el cambio, siempre que la solución respete sus lógicas culturales y responda a sus urgencias económicas.

Etapas 2. Diseño de la plataforma

Se desarrolló exitosamente un prototipo funcional de la plataforma web. Los módulos implementados fueron:

- **Glosario Técnico Bilingüe (ka belats an kaw):** Una base de datos interactiva con términos agroindustriales en Tenek y español, con funcionalidad de búsqueda y filtros por categorías
- **Video-tutoriales (an kawintalab xu wat'el):** Una biblioteca de videos descargables, grabados en contextos locales y protagonizados por miembros de la comunidad, mostrando técnicas de cultivo, conservación (ej. elaboración de mermeladas) y transformación de productos como cítricos y pilón.
- **Sección "Aprendamos Juntos" (patal ba jun i kwenchal in k'aknal):** Un foro comunitario donde los usuarios pueden publicar preguntas, compartir consejos y subir sus propias fotos o videos de técnicas.
- **Calendario de siembra (xin t'ayal jant'okits ban t'sabal):** un calendario de siembra es una guía general. Que implementaríamos con la sabiduría local de los agricultores de las comunidades de la huasteca potosina este sería el mejor recurso, ya que conocen los microclimas y las variedades específicas que mejor funcionan.

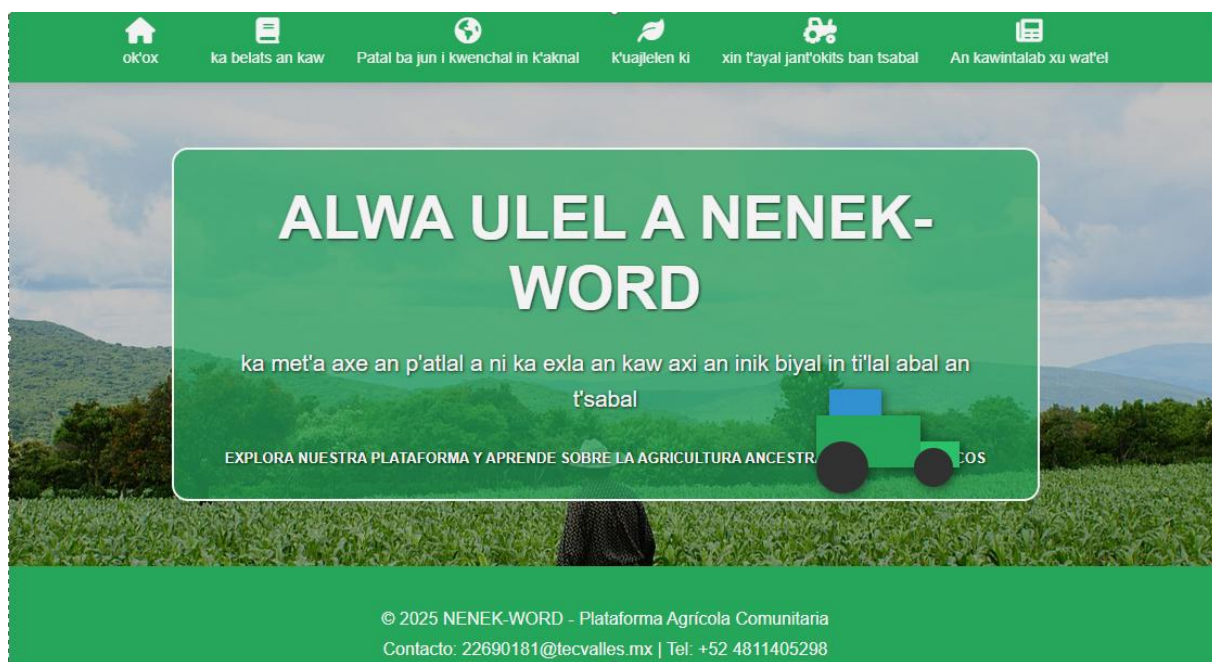


Figura 1. Pantalla principal de iconos en lengua tenek. Fuente: Original

Etapas 3. Prueba piloto

Resultados de la prueba realizada mediante la escala de 1 al 5:

<i>Dimensión evaluada</i>	<i>Puntuación promedio(productores)</i>	<i>Puntuación promedio (jóvenes)</i>	<i>Puntuación global</i>
Claridad	4.2	4.8	4.5
Utilidad	4.6	4.0	4.3
Accesibilidad	3.8	4.5	4.2
Pertinencia cultural	4.9	4.7	4.8

Tabla 1. resultados de prueba, fuente: original

La elevada puntuación en pertinencia cultural (4.8/5) confirma que la estrategia de contextualización lingüística y cultural es acertada, la revitalización de lenguas indígenas requiere su uso en dominios prácticos y valorados socialmente tal que los usuarios identifican como principal fortaleza "ver a personas de sus comunidades" en los materiales, eso valida que la apropiación tecnológica está directamente vinculada con el reconocimiento cultural. Por otra parte, la diferencia significativa en accesibilidad entre productores (3.8) y jóvenes (4.5) refleja la brecha digital intergrupala que debe abordarse. Este hallazgo coincide con lo documentado por Toyama (2015) sobre la necesidad de diseñar tecnologías que consideren las heterogeneidades dentro de las comunidades.

La funcionalidad de contenido descargable emerge como el factor crítico que mitiga esta

brecha, siendo la característica más valorada por el 90% de los usuarios. En cuanto al conocimiento de la aplicación práctica la alta utilidad reportada por productores (4.6) contrasta con la puntuación de los jóvenes (4.0), lo que sugiere diferentes expectativas y necesidades.

Mientras los productores valoran el contenido agroindustrial inmediatamente aplicable, los jóvenes muestran mayor interés en elementos de identidad cultural (glosario bilingüe). Esta dualidad representa una oportunidad para diseñar rutas de aprendizaje diferenciadas que mantengan el equilibrio entre preservación cultural y desarrollo económico, esto refuerza la hipótesis central del proyecto: que la educación digital contextualizada puede impactar tanto en la preservación cultural como en el desarrollo económico local, tal como propone Vázquez-Barquero (2005) en su teoría del desarrollo endógeno.

Este análisis evidencia que Nenek-World responde efectivamente a necesidades reales de las comunidades Tenek, y que su modelo de integración entre tecnología, lengua y conocimientos productivos representa un enfoque promisorio para el desarrollo comunitario sostenible

Etapas 4. Visualización y procesamiento de datos

El sistema de visualización y procesamiento híbrido se implementó exitosamente una arquitectura técnica de dos niveles que responde a los requisitos de accesibilidad identificados en el diagnóstico:

Frontend (Cliente):

Framework CSS: Garantizó un diseño 100% adaptable, verificándose la correcta visualización en dispositivos móviles, tablets y computadoras.

JavaScript: Se desarrollaron módulos interactivos que funcionan offline: como lo sería el glosario bilingüe, el reproductor de Video Con capacidad de descarga

Backend (Servidor):

PHP y MySQL: Gestionan los datos persistentes en los módulos comunitarios y de seguimiento en la sección "Aprendamos Juntos" (foro comunitario) La decisión de implementar un sistema de procesamiento en dos niveles (frontend para offline, backend para online) no es solo una solución técnica, sino una respuesta directa a los hallazgos del diagnóstico inicial, donde el 80% de los usuarios reportaron conectividad intermitente. Esta elección materializa el principio de "tecnología apropiada" (Toyama, 2015), priorizando la resiliencia tecnológica sobre la complejidad. Al permitir que las funcionalidades centrales (glosario, tutoriales) operen sin conexión, la plataforma se convierte en una herramienta confiable y no en una fuente de frustración, aumentando significativamente su potencial de adopción. La separación entre el procesamiento en el cliente (JavaScript) y el servidor (PHP/MySQL) representa un equilibrio óptimo entre rendimiento y funcionalidad. Procesamiento en el Cliente: La búsqueda en tiempo real del glosario, al ejecutarse localmente, ofrece una respuesta instantánea que mejora la experiencia de usuario y no depende de la latencia de una red rural. Esto fomenta la exploración y el aprendizaje autónomo. Procesamiento en el Servidor: La base de datos centralizada para el progreso y el foro comunitario es fundamental para la sostenibilidad del proyecto. Permite recopilar datos agregados sobre el uso y el aprendizaje de la comunidad, información vital para medir el impacto y mejorar continuamente la plataforma. Además, el foro fomenta la creación de un conocimiento colectivo que trasciende al individuo.

Explicación del diagrama de casos de uso y procesamiento de datos de la plataforma Nenek-World

La plataforma Nenek-World fue concebida como una herramienta de carácter educativo y cultural orientada a la preservación de la lengua Tenek y a la difusión de conocimientos agroindustriales tradicionales. Con el propósito de describir su funcionamiento, se elaboró un diagrama de casos de uso que permite visualizar de manera gráfica las principales funcionalidades del sistema y la forma en que los distintos actores interactúan con ellas.

Dentro de este entorno se identifican dos actores principales: el Usuario y el Administrador, quienes participan en la operación del sistema mediante su interacción con los diversos módulos y servicios que conforman la plataforma. El rectángulo del diagrama representa el límite del sistema, dentro del cual se encuentran los casos de uso o acciones disponibles.

Actor: Usuario

El Usuario representa a cualquier persona interesada en aprender, consultar información y acceder a los recursos educativos y culturales de la plataforma. Este actor tiene acceso a las siguientes funciones principales

Registrarse: Permite al usuario crear una cuenta dentro del sistema proporcionando sus datos personales.

Iniciar sesión: El usuario accede a la plataforma mediante sus credenciales (usuario y contraseña). Este caso de uso incluye la acción «Validar usuario» (<<include>>), ya que el sistema debe verificar la información antes de permitir el acceso.

Recuperar contraseña: Opción que permite al usuario restablecer su contraseña en caso de olvido.

Cerrar sesión: Finaliza la sesión activa del usuario dentro de la plataforma.

Ver tutoriales agroindustriales: El usuario puede acceder a contenidos educativos en formato de video y texto relacionados con prácticas agrícolas y técnicas tradicionales.

Consultar glosario Tenek-Español: Ofrece un diccionario bilingüe que permite conocer el significado de términos en lengua Tenek y en español.

Leer noticias de la comunidad: El usuario puede informarse sobre actividades, tradiciones, festividades y noticias relevantes de las comunidades indígenas.

Descargar contenido (<<extend>>): Es una función opcional que se activa cuando el usuario desea guardar materiales en su dispositivo para su consulta sin conexión.

Estos casos de uso muestran que la finalidad principal del usuario en Nenek-World es aprender, preservar la lengua y fortalecer el conocimiento cultural y agroindustrial de su comunidad.

Actor: Administrador

El Administrador asume la responsabilidad del control, la gestión y el mantenimiento de los contenidos dentro de la plataforma. Su labor consiste en asegurar que la información disponible sea confiable, se mantenga actualizada y responda adecuadamente a las necesidades de los usuarios. Entre sus principales funciones se encuentra:

Administración de usuarios: la creación, modificación, bloqueo o eliminación de cuentas.

Subir contenido: Agregar nuevos tutoriales, imágenes, textos, videos y recursos educativos.

Editar tutoriales: Modificar contenidos existentes para actualizarlos o corregir errores.
Eliminar contenido: Retirar información que ya no sea necesaria o sea incorrecta.
Gestionar noticias: Publicar, modificar o eliminar noticias relacionadas con la comunidad.
Aprobar publicaciones: Revisar y autorizar el contenido antes de que esté disponible para los usuarios.
Estas funciones permiten mantener el orden y la calidad del contenido dentro de la plataforma.

Procesamiento de datos en la plataforma

El procesamiento de datos de la plataforma Nenek-World se estructura en dos niveles principales: la interactividad local y el manejo de datos persistentes.

En primer lugar, la interactividad de los módulos, como los glosarios bilingües y los cuestionarios integrados en los video-tutoriales, fue desarrollada utilizando JavaScript. Gracias a este lenguaje, el sistema puede ofrecer una experiencia dinámica e interactiva al usuario sin necesidad de recargar la página.

El glosario técnico agroindustrial bilingüe incluye una función de búsqueda en tiempo real, así como filtros por categorías, los cuales permiten al usuario encontrar información de manera rápida y eficiente. Estos procesos se ejecutan localmente en el navegador del usuario, garantizando una respuesta inmediata y un mejor rendimiento del sistema, incluso en zonas con conectividad limitada.

Para el manejo de datos persistentes, como los registros de usuarios, noticias, tutoriales y contenido administrativo, se utilizó PHP en combinación con una base de datos MySQL. Esta tecnología permite almacenar la información de manera segura y recuperarla cuando se requiere, garantizando la integridad de los datos y el funcionamiento continuo del sistema.

Arquitectura híbrida del sistema

La plataforma Nenek-World cuenta con una arquitectura híbrida, diseñada para adaptarse a las condiciones reales de las comunidades rurales. Esta arquitectura permite que ciertos módulos, como:

El glosario bilingüe

Los tutoriales descargables

Los contenidos educativos básicos

puedan funcionar sin conexión a internet, facilitando el acceso a la información en zonas con conectividad limitada.

Por otro lado, las funcionalidades relacionadas con la interacción comunitaria, la actualización de noticias y el seguimiento de usuarios, se sincronizan automáticamente cuando existe conexión a internet, permitiendo así mantener actualizada la información del sistema sin afectar la experiencia del usuario.

Relación entre el diagrama de casos de uso y el procesamiento de datos

El diagrama de casos de uso se relaciona directamente con la estructura del procesamiento de datos, ya que cada acción realizada por el usuario o el administrador genera una interacción con el sistema, ya sea a nivel local (JavaScript) o a nivel de servidor (PHP y MySQL).

Por ejemplo:

- Consultar glosario Tenek–Español se procesa en el navegador mediante JavaScript.
- Administrar usuarios requiere interacción con la base de datos en MySQL.

- Subir contenido implica almacenamiento en el servidor.
- Descargar contenido aprovecha la arquitectura híbrida para su uso sin conexión.

De esta forma, el diagrama de casos de uso no solo representa las acciones, sino que también refleja la lógica de funcionamiento del sistema.

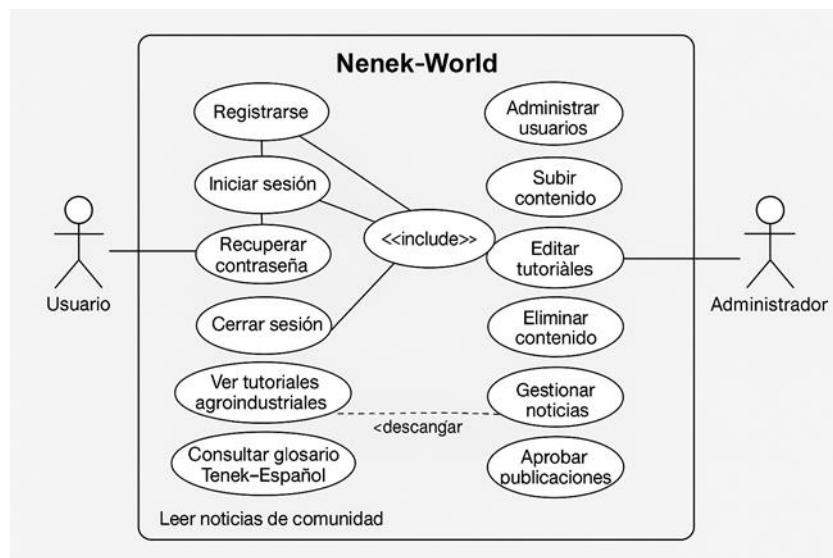


Figura 2. Diagrama de casos de uso. Fuente: Original.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

En el desarrollo de la primera etapa se tuvo un diagnóstico inicial que revela una interdependencia crítica entre los tres ámbitos investigados: lengua Tenek, prácticas agrícolas y acceso tecnológico. Los hallazgos confirman la hipótesis inicial de que la pérdida lingüística y la erosión del conocimiento agroindustrial no son crisis paralelas, sino fenómenos que se retroalimentan. La desvalorización social del Tenek identificada en jóvenes (manifestada como "miedo a la burla") coincide con la subvaloración económica de los productos agrícolas tradicionales, creando un ciclo de des apropiación cultural y económica.

El diseño de nuestra plataforma Nenek-World representa una materialización tecnológica de los hallazgos del diagnóstico, demostrando que es posible crear herramientas digitales que respondan de manera integral a problemáticas socio-culturales complejas. La arquitectura modular implementada aborda simultáneamente los tres ejes críticos identificados: la revitalización lingüística a través del glosario bilingüe, la transferencia de conocimiento agroindustrial mediante los video-tutoriales, y el fortalecimiento del capital social mediante la sección "Aprendamos juntos".

Los resultados obtenidos en la prueba piloto aportan evidencia relevante sobre la aceptación y el desempeño funcional de la plataforma Nenek-World en escenarios de uso reales. Asimismo,

la estrategia de contextualización lingüística y cultural demuestra ser adecuada, ya que respalda el planteamiento teórico de Fishman respecto a la revitalización de las lenguas a partir de su incorporación en ámbitos prácticos de uso. El hecho de que los usuarios identificaran como principal fortaleza "ver a personas de sus comunidades" en los materiales demuestra que la apropiación tecnológica está directamente vinculada con el reconocimiento cultural.

Nuestra plataforma demuestra alta efectividad en dimensiones clave de usabilidad, especialmente en pertinencia cultural y utilidad percibida.

Para seguir desarrollando la plataforma tenemos en cuenta crear dos dashboard diferenciados: uno orientado a productividad económica para productores y otro enfocado en identidad cultural para jóvenes, y también implementar un sistema de tutoriales interactivos iniciales para usuarios con menor alfabetización digital.

La arquitectura híbrida de procesamiento (frontend/backend) demuestra una comprensión profunda de las realidades de conectividad en zonas rurales. Al priorizar el funcionamiento offline para módulos esenciales como el glosario bilingüe y los video-tutoriales, la plataforma supera una de las principales barreras documentadas en la literatura sobre brecha digital en comunidades indígenas. La separación consciente entre procesamiento cliente-servidor refleja un equilibrio entre rendimiento inmediato y persistencia de datos. Tenemos en cuenta seguir desarrollando la aplicación, con mejoras como: un sistema de sincronización diferencial que minimice el consumo de datos durante la actualización de contenido.

Al demostrarse que es posible desarrollar plataformas digitales que operen dentro de las limitaciones infraestructurales reales, sin sacrificar capacidades avanzadas, se abre un camino para que otras comunidades repliquen este enfoque. La plataforma se convierte así no solo en una herramienta educativa, sino en un demostrador tangible de que la tecnología puede y debe adaptarse a la diversidad de contextos culturales y geográficos.

REFERENCIAS

- Anderson, B., Charles, C. & Johnson, L. (2003). *The impressive psychology paper*. Lucerne Publishing.
- Smith, M. (2001). Writing a successful paper. *The Trey Research Monthly*, 53(1), 149-150. <https://doi.org/10.15366/reice2016.14.4.002>.
- Bolivar, A. y Murillo, F. J. (2017). La escuela importa. Los efectos diferenciales de la escuela y el liderazgo en la equidad. En J. Weinstein y G. Muñoz (Eds.), *Mejoramiento y liderazgo en la escuela. Once miradas* (pp. 71-112). CEDLES.
- Sánchez, C. (08 de febrero de 2019). Normas APA – 7ma (séptima) edición. Normas APA (7ma edición). <https://normas-apa.org/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2021). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2021: Mejorar la resiliencia de los sistemas agroalimentarios ante las perturbaciones y tensiones*. FAO. [En línea] Disponible en: <https://www.fao.org/documents/card/es/c/cb4477es>

Fishman, J. A. (1991). *Reversing Language Shift: Theoretical and Empirical Foundations of Assistance to Threatened Languages*. Multilingual Matters.

Instituto Nacional de los Pueblos Indígenas (INPI). (2023). *Acciones para la revitalización de las lenguas indígenas nacionales*. [En línea] Disponible en:
<https://www.gob.mx/inpi/es/articulos/acciones-para-la-revitalizacion-de-las-lenguas-indigenas-nacionales?idiom=es>

Leff, E. (2004). *Racionalidad ambiental y diálogo de saberes*. Siglo XXI Editores.

Toyama, K. (2015). *Geek Heresy: Rescuing Social Change from the Cult of Technology*. PublicAffairs.

UNESCO. (2021). *Las tecnologías de la información y la comunicación en la educación*. [En línea] Disponible en: <https://es.unesco.org/themes/tic-educacion>

Vázquez-Barquero, A. (2005). *Desarrollo endógeno: Teorías y políticas de desarrollo territorial*. Investigaciones Regionales, (7), 183-210.

Aplicación móvil para consulta académica: prototipo para Mindbox en el Instituto Tecnológico de Ciudad Valles

Mobile Application for Academic Consultation: Prototype for Mindbox at the Technological Institute of Ciudad Valles

Recibido: 29 de octubre de 2025
Aceptado: 31 de diciembre de 2025

Sergio Manuel Pozos Moran
Instituto Tecnológico de Ciudad Valles
ORCID: 0009-0003-8839-7152
Nitgard Zapata Garay
Instituto Tecnológico de Ciudad Valles
ORCID: 0000-0002-4060-1826
Autor de correspondencia:
nitgard.zg@cdvalles.tecnm.mx
Omar Espinosa Guerra
Instituto Tecnológico de Ciudad Valles
ORCID: 0000-0002-5787-226X
Servando Rodolfo Carrillo Gutierrez
Instituto Tecnológico de Ciudad Valles
ORCID: 0009-0000-9074-7244

RESUMEN

Este estudio presenta el diseño y evaluación de un prototipo de aplicación móvil multiplataforma (Android e iOS) para facilitar el acceso a la información académica alojada en la plataforma Mindbox del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Ciudad Valles. El prototipo fue desarrollado durante el periodo 2022 al 2024 haciendo uso del framework Flutter y siguiendo el patrón arquitectónico MVVM y la metodología ágil Scrum. Se realizó una evaluación preliminar con 32 estudiantes y 5 profesores mediante encuestas y pruebas de interacción con usuarios y análisis de comparación de medias para determinar el nivel de usabilidad y aceptación. Los resultados indican alta aceptación, facilidad de uso y un interés sostenido por parte de la comunidad académica en disponer de una app móvil complementaria a la versión web. Se concluye que el desarrollo es técnicamente viable y se recomienda ampliar las pruebas con una muestra mayor y acceso completo a las APIs.

Palabras clave: Mindbox; aplicación móvil; Flutter; usabilidad; gestión académica; MVVM.

Abstract

This study presents the design and evaluation of a cross-platform mobile application prototype (Android and iOS) aimed at facilitating access to academic information hosted on the Mindbox platform of the National Technological Institute of Mexico, Technological Institute of Ciudad Valles. The prototype was developed during the period 2022 to 2024 using the Flutter framework and following the MVVM architectural pattern and the agile Scrum methodology. A preliminary evaluation was conducted with 32 students and 5 teachers using surveys and user interaction tests and mean comparison analysis to determine the level of usability and acceptance. The results indicate high acceptance, ease of use, and sustained interest from the academic community in having a mobile app as a complement to the web version. It is concluded that the development is technically feasible, and it is recommended to expand testing with a larger sample and full API access.

Keywords: Mindbox; mobile application; Flutter; usability; academic management; MVVM.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las tecnologías móviles ha transformado los mecanismos con los cuales las instituciones de educación superior gestionan la información académica (Rodríguez Estrada et al., 2024). Los entornos virtuales como Mindbox permiten la integración de datos administrativos y académicos, pero el acceso a tales sistemas suele estar reservado a la interfaz web, lo que reduce su uso diario por parte de estudiantes y profesores (Nielsen, 1993). En el caso del Instituto Tecnológico de Ciudad Valles perteneciente al Tecnológico Nacional de México, este dilema llevó a la propuesta y desarrollo de una aplicación móvil multiplataforma para acceder a datos pertinentes desde Mindbox.

Trabajos recientes indican que las aplicaciones móviles mejoran la experiencia que tienen los usuarios y la eficiencia de los procesos relacionados con el Instituto (Napoli, 2019) (Zhang y Adipat, 2009). El uso de Flutter para el desarrollo, con una arquitectura MVVM, ofrece flexibilidad en el lenguaje de programación, rendimiento y sostenibilidad (Bin Uzayr, 2022). Scrum y otras metodologías ágiles impulsan un ciclo de diseño-producción cíclico y rápido, marcado por la revisión diaria de retroalimentación (Schwaber y Sutherland, 2020).

Dado lo mencionado, este trabajo resolverá la siguiente pregunta: ¿Es factible bajo criterios técnicos, funcionales y de aceptación del usuario desarrollar una aplicación móvil multiplataforma que permita mejorar el acceso a la información integrada en la plataforma Mindbox por parte de la comunidad usuaria?

El objetivo establecido de la investigación se centra en describir el proceso de diseño, desarrollo y validación de un prototipo funcional y determinar la aceptación de los usuarios mediante la evaluación piloto con una comparación de medias.

El presente trabajo es relevante para la literatura existente, ya que sustenta el estado incipiente de los desarrollos móviles educativos en un entorno institucional mexicano (González Gutiérrez et al., 2023).

El diseño de investigación en este trabajo es una mezcla de ingeniería de software con investigación empírica aplicada, y puede describirse como descriptivo/exploratorio (Hernández-Sampieri y Mendoza-Torres, 2018). Los objetivos principales del marco metodológico fueron dos: por un lado, documentar el riguroso diseño y proceso de desarrollo de un prototipo de aplicación móvil multiplataforma y, por otro lado, obtener información empírica sobre la viabilidad técnica, la facilidad de uso sobre la aplicación y la aceptación de la misma por parte de la comunidad de usuarios finales al usar el sistema Mindbox en el Instituto Tecnológico de Ciudad Valles, perteneciente al Tecnológico Nacional de México (TecNM).

El desarrollo de proyectos de ingeniería de software tiene como fundamento teórico el cumplimiento de diversas fases estructuradas en las cuales se consideran actividades de análisis, diseño, codificación y pruebas que pueden ser de funcionamiento y rendimiento (Pressman y Maxim, 2020). Más precisamente, el prototipo se estableció basado en el proceso Scrum ágil poco común (Schwaber y Sutherland, 2020). La adaptación de Scrum fue una decisión estratégica que permitió que el producto de TI se entregara en periodos determinados para sprints, contribuyera a una realización temprana y la introducción de módulos particulares, así como una retroalimentación urgente de los evaluadores de usuarios. El plan de trabajo del presente proyecto ha considerado etapas en forma de iteraciones con sesiones de seguimiento que brindan un apoyo fundamental para el logro del alcance en la propuesta de mejora que consiga otorgar accesibilidad a la información académica para los estudiantes y docentes del

Instituto Tecnológico de Ciudad Valles.

METODOLOGÍA

El presente estudio se desarrolló en el entorno académico como parte de un trabajo de tesis de nivel Maestría dentro del Instituto Tecnológico de Ciudad Valles. El trabajo se centró en el análisis de la plataforma Mindbox, sistema utilizado para la gestión y control de actividades académicas y operativas dentro de la institución. La investigación se llevó a cabo en el área de servicios y gestión académica, considerando la interacción de estudiantes y docentes con dicha plataforma. El periodo de desarrollo del estudio comprendió los años del 2022 al 2024, durante los cuales se analizaron las características de uso del sistema con el propósito de identificar oportunidades de mejora en temas de accesibilidad y funcionalidad, particularmente mediante la expansión de sus capacidades hacia plataformas móviles.

La población de estudio que se determinó, está conformada por usuarios frecuentes de la plataforma Mindbox dentro de un entorno académico, incluyendo estudiantes y profesores de la institución. Para la selección de los participantes se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a la disponibilidad y acceso directo a los usuarios de la plataforma durante el periodo de evaluación.

El tamaño final de la muestra fue de $N = 37$ participantes, de los cuales 32 correspondieron a estudiantes y 5 a profesores. Este tamaño de muestra se considera adecuado para realizar análisis estadísticos de comparación de medias en estudios experimentales con usuarios. De acuerdo con los principios del diseño y análisis de experimentos, la inclusión de un número suficiente de observaciones permite estimar de manera más precisa la variabilidad de los datos y reducir el error experimental. En este sentido, Douglas C. Montgomery señala que el incremento del número de observaciones y la aplicación de repeticiones experimentales contribuyen a mejorar la confiabilidad de las estimaciones y la validez de las pruebas estadísticas empleadas (Montgomery, 2017).

Con el propósito de fortalecer la estabilidad de las mediciones, las tareas evaluadas dentro de la plataforma fueron ejecutadas mediante repeticiones controladas, permitiendo obtener múltiples observaciones por condición experimental y reduciendo así la variabilidad asociada al comportamiento individual de los participantes.

Los criterios de inclusión se limitaron por la necesidad de asegurar que el cuerpo evaluativo representara a usuarios genuinos de la aplicación. Todos debían tener un registro activo de Mindbox y disponer del dispositivo móvil necesario, ya sea Android o iOS. La característica más distintiva del criterio de participación fue el consentimiento previo voluntario.

Aquellos que no participaron en el uso de la plataforma o cuyos equipos mostraran evidencia de un mal funcionamiento de la conectividad a internet que pudiera interferir con las pruebas de desempeño y usabilidad fueron excluidos. La representación demográfica mostró que la media aritmética de edad de los estudiantes era de 23.4 años y de los profesores de 38.4 años.

Aunque el muestreo por conveniencia es lógicamente inadecuado para cualquier generalización a la población del TecNM, sin embargo, este enfoque se consideró relevante para la evaluación piloto del prototipo. La elección deliberada de usuarios activos de Mindbox resulta en una alta validez contextual, ya que la aprobación de su evaluación es un reflejo de la necesidad de nuevas funcionalidades que los usuarios deben adaptar. Por lo tanto, las altas tasas de aprobación evidencian la relevancia del segmento de mercado.

Procedimiento de construcción del prototipo

El desarrollo de la aplicación móvil se construyó siguiendo una metodología Scrum dentro de la cual se consideran fases o etapas estructuradas que permitan dar un seguimiento flexible. La primera etapa se denomina como Análisis de requerimientos, la cual permite tener un registro detallado de los módulos y funcionamiento que debe cumplir la aplicación móvil de Mindbox. Esta etapa de igual manera determina los recursos y arquitectura necesaria para el correcto funcionamiento del prototipo a evaluar.

La segunda etapa se denomina como Diseño de la arquitectura, en la cual se plantean los elementos y las interacciones que se tendrán para el funcionamiento y acceso a la información. Es en esta que se toma en cuenta el patrón Model-View-ViewModel (MVVM) (Gamma et al., 1994). La selección de MVVM es una estructura necesaria para el desarrollo de soluciones multiplataforma, puesto que permiten separar de forma ordenada la lógica de negocio (Modelo), la presentación de datos (ViewModel) y finalmente la interfaz de usuario (Vista).

En la etapa de Desarrollo o Codificación se realizó utilizando el framework Flutter y el lenguaje Dart. Con lo cual se cumplen características de compatibilidad nativa con dispositivos Android e iOS. En cuanto a la gestión y/o acceso a los orígenes de datos a nivel local, se utiliza SQLite. En este sentido fue necesario considerar la herramienta con la cual se hará el vínculo o conexión con los servicios que proporciona Mindbox en su interfaz de programación de aplicaciones (API) para lo cual se considera el uso de Postman mediante el paso de parámetros estructurados de los diferentes tipos de usuarios.

Finalmente, la etapa de Iteraciones ágiles consistió en la ejecución de sprints en periodos de cuatro semanas. Durante cada una de los seguimientos se integraron verificaciones de funcionalidades de los módulos clave que maneja la plataforma Mindbox, como son; la autenticación, la visualización del perfil del usuario y el historial de pagos. Cada sprint concluyó con una revisión formal con el equipo de desarrollo y asesores correspondientes (Schwaber y Sutherland, 2020), asegurando la mejora continua tanto del producto como del proceso de gestión.

El desarrollo del prototipo fue exitoso al utilizar el framework Flutter y el modelo de desarrollo MVVM, sin embargo, existieron diversas limitaciones significativas de origen institucional ya que se cuenta con un acceso restringido a las APIs completas de la plataforma Mindbox. Esta situación demuestra que el principal desafío para la implementación a gran escala no es la viabilidad técnica del desarrollo móvil (la cual fue probada), sino la interoperabilidad institucional y las políticas de acceso a los datos del sistema heredado (Demir y Akpinar, 2018). Este hallazgo metodológico crítico subraya la necesidad de abordar barreras administrativas para la plena explotación del prototipo.

Materiales y Métodos

El protocolo de validación fue diseñado para evaluar tanto la funcionalidad estricta como la experiencia del usuario, dividido en dos sesiones piloto estandarizadas. La sesión de seguimiento técnico del primer prototipo, tuvo como meta validar el correcto funcionamiento del software en entornos operativos reales para dispositivos con Android 12 e iOS 17, garantizando las promesas de compatibilidad y estabilidad disponibles del rendimiento multiplataforma de Flutter.

La segunda sesión de seguimiento considera la evaluación de características de usabilidad, que

involucró a 37 participantes que realizaron un conjunto predeterminado de tareas como son; iniciar sesión, ver perfiles y revisar el historial de pagos. Con esto se permite obtener una medición estándar de variables que nos indiquen niveles de satisfacción del uso de la aplicación por parte del usuario. Los datos se obtuvieron y documentaron de manera digital inmediatamente después de la finalización de las tareas. El promedio de uso registrado por sesión fue de 12 minutos.

Se aplica la encuesta que nos permitan obtener datos cuantitativos en donde la mecánica de interacción con los usuarios fue de uno a uno que permitieron obtener diversas sugerencias que nos dan información cualitativa específica para la experiencia del usuario. En esta actividad se enfocó principalmente en sugerencias centradas en variantes conocidas, como mejoras en diseños visuales y una solicitud que instaba a la incorporación de notificaciones push, convirtiéndose efectivamente en requisitos directos instantáneos.

En la Tabla 1 se presentan los datos demográficos de los participantes.

Tabla 1

Características demográficas de los participantes

Rol	Participantes	Edad media
Estudiantes	32 (20 M / 12 F)	23.4
Docentes	5 (3 M / 2 F)	38.4

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis de datos para la evaluación integral del prototipo, la metodología incorporó una relación integral de datos mediante el uso de instrumentos cuantitativos y cualitativos. El instrumento considerado para la obtención de datos fue una **Encuesta de percepción y usabilidad**, cuya base teórica se fundamenta en la reconocida System Usability Scale (SUS) de (Brooke, 1996). La escala fue adaptada para adecuarse al contexto específico de una aplicación de gestión académica en un entorno institucional. La encuesta final se compuso de 15 ítems de respuesta en formato tipo Likert (escala de 1 a 5). Estos ítems se agruparon en cinco factores críticos que evalúan la experiencia del usuario con la aplicación móvil: utilidad percibida, facilidad de uso, diseño visual, rendimiento técnico e intención de uso futuro. Los valores de la escala se interpretaron de la siguiente forma: (1) Totalmente en desacuerdo, (2) En desacuerdo, (3) Ni de acuerdo ni en desacuerdo, (4) De acuerdo, (5) Totalmente de acuerdo.

El rigor psicométrico del instrumento de evaluación fue verificado mediante el cálculo del coeficiente alfa de Cronbach, para lo cual se obtuvo un valor de $\alpha=0.89$. Este resultado puede ser interpretado como una evidencia que muestra una alta consistencia de la escala, de igual manera garantiza que los elementos (ítems) del instrumento miden el conjunto de datos de usabilidad y aceptación de manera coherente (Tavakol y Dennick, 2011).

Adicionalmente, se emplearon dos instrumentos de medición objetiva y cualitativa. Primero, el Registro técnico de desempeño se obtuvo directamente de los logs de uso generados por el sistema durante las pruebas. Este registro capturó métricas objetivas cruciales para la ingeniería de software, como los tiempos de respuesta del sistema, la estabilidad general de la aplicación y la tasa de errores presentados. Este registro técnico funcionó como una validación empírica y objetiva de la percepción subjetiva de "Rendimiento técnico" de los usuarios. Segundo, se utilizó una Guía de observación aplicada durante las sesiones de prueba. Este método cualitativo permitió capturar comentarios espontáneos, registrar patrones de comportamiento no verbales

y documentar dificultades inesperadas que los usuarios pudieron haber experimentado, enriqueciendo la comprensión de los datos cuantitativos obtenidos.

En la Tabla 2 se muestran los datos obtenidos de las valoraciones promedio de cada aspecto evaluado.

Tabla 2

Promedios de percepción de los usuarios (escala 1–5)

Aspecto	Media	Desviación Estándar
Utilidad percibida	4.6	0.5
Facilidad de uso	4.4	0.6
Diseño visual	4.2	0.7
Rendimiento técnico	4.1	0.8
Intención de uso futuro	4.7	0.4

Técnicas de análisis de la información

El análisis de datos se realizó en dos niveles, cuantitativo y cualitativo, para cubrir en detalle los resultados de la validación. En el primer nivel, los investigadores utilizaron estadísticas descriptivas. El factor repetitivo se resumió con frecuencias, mientras que todos los factores de usabilidad y aceptación se resumieron con sus medias y desviaciones estándar. Por ejemplo, como resultado, cada uno de los cinco factores mostró una alta utilidad de 4.6 y una alta intención de uso de 4.7, con desviaciones estándar bajas.

Esto significa que 37 participantes presentaron una buena evaluación. Para ir más allá de las descripciones, se empleó una herramienta estadística inferencial. En particular, se utilizó un coeficiente de correlación no paramétrico de Spearman ρ para investigar la relación entre dos variables, la utilidad percibida X y la intención de uso futuro Y. Los investigadores obtuvieron el valor de $\rho = 0.68$ con una significancia, $\rho < 0.01$. Este resultado cuantitativo es significativo y demuestra una relación viable, buena, positiva y fuerte. Por lo tanto, se concluye que la intención de uso futuro, evaluada positivamente en un 95%, se basa seguramente en la percepción de que la aplicación prototipo es realmente útil, no como una mera novedad de usuario-sistema.

En el nivel cualitativo, se recogieron los comentarios y observaciones del arreglo de pruebas y se sometieron a codificación temática. Como resultado, se identificaron tres categorías principales que confirman y califican la enumeración cuantitativa:

1. Es un diseño visualmente agradable.
2. Es una interacción rápida y constante.
3. Es una solicitud de un conjunto ampliado de funciones.

Lo último confirma la intención de uso futuro y, al mismo tiempo, argumenta para superar el limitado acceso a las APIs. La totalidad de los resultados cuantitativos y las afirmaciones cualitativas es significativa. Por ejemplo, la última afirmación es la confirmación directa del valor. Si el usuario ve el valor, entonces, por supuesto, primero querrá obtenerlo tanto como sea posible, de acuerdo con el principio clave de usabilidad.

Consideraciones éticas

En el desarrollo y la evaluación del prototipo siguieron los principios éticos en investigación llevada a cabo en el Tecnológico Nacional de México (TecNM) y las regulaciones legales mexicanas sobre la privatización de datos. Esta sección se basa en la legislación nacional y los códigos de integridad científica institucionales.

Alineación con el Marco Regulatorio Mexicano

Dado que el estudio se realizó en el TecNM, una institución pública, todo el manejo de información personal se guía por la Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados (LGPDPPSO) (Congreso de la Unión, 2017). Estas regulaciones orientan medidas específicas para procesar los datos recopilados, incluso cuando no son sensibles.

El objetivo principal era asegurar que todos los participantes fueran autónomos y su protección estuviera garantizada. No se recopiló información sensible, y la evaluación de estudiantes y profesores no pudo haber impactado su rendimiento académico. Este principio de no maleficencia se guio en la recopilación de la percepción de los participantes a través de la no coerción.

El Consentimiento Informado Digital

Todos los participantes firmaron un consentimiento informado digital conforme al artículo 23 de la LGPDPPSO, que tiene los siguientes requisitos. Primero, el consentimiento fue libre ya que los participantes en este muestreo de conveniencia podían elegir no participar, y su uso no podía impactar en el rendimiento académico. De este modo, se evitaron potenciales nulidades como la coerción, el error, la mala fe y la violencia que podrían obstaculizar fácilmente la expresión de voluntad.

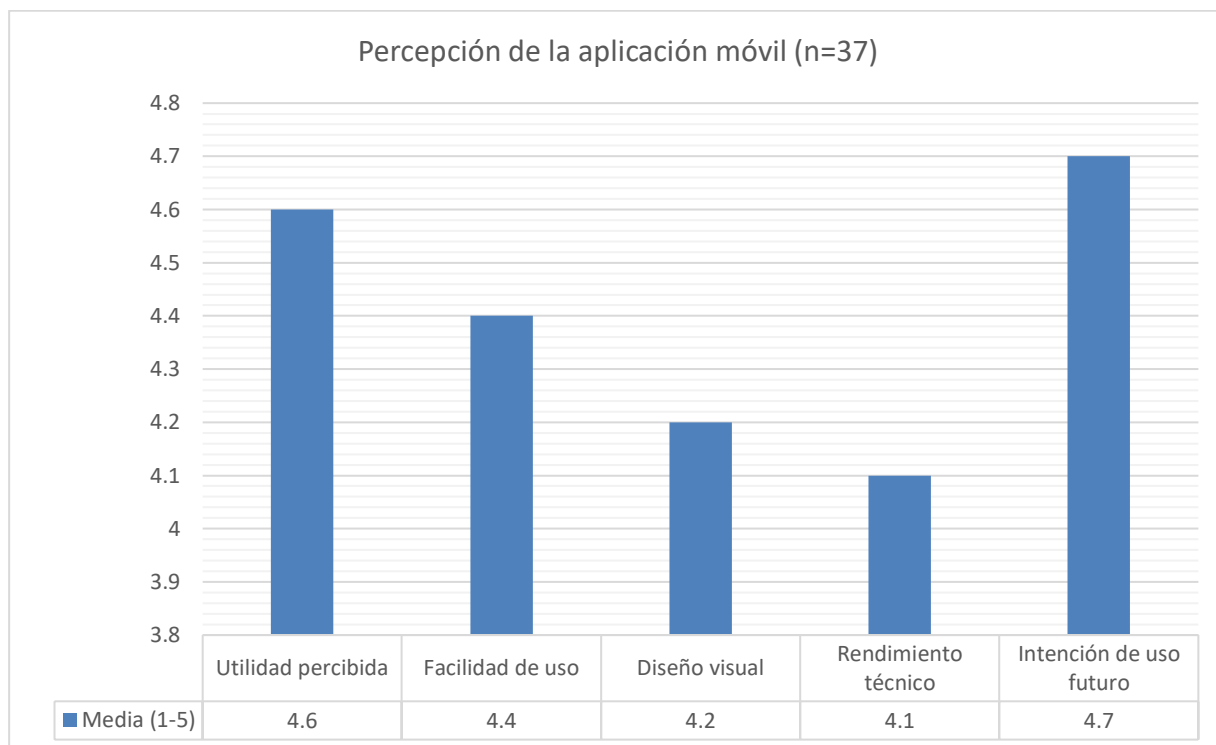
El consentimiento fue específico para asegurar que solo permitiera evaluaciones relacionadas con el uso y el rendimiento del prototipo móvil de la plataforma Mindbox. El consentimiento para participar en las evaluaciones también fue informado ya que todos los participantes fueron informados sobre el aviso de privacidad y la respectiva recolección de datos.

Integridad Científica y Buenas Prácticas

Además, el estudio siguió los códigos de ética científica proporcionados por el TecNM para asegurar que se siguieran las regulaciones del Comité de Ética en Publicaciones (COPE). Además de proteger a los participantes, el estudio garantizó que los hallazgos estuvieran libres de cualquier conflicto de interés para evitar parcialidad. Además, hubo un compromiso de presentar hallazgos que fueran precisos, veraces e imparciales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la encuesta reflejan una percepción globalmente positiva hacia la aplicación móvil por parte de los participantes. Considerando la escala de la siguiente forma: (1) Totalmente en desacuerdo, (2) En desacuerdo, (3) Ni de acuerdo ni en desacuerdo, (4) De acuerdo, (5) Totalmente de acuerdo.

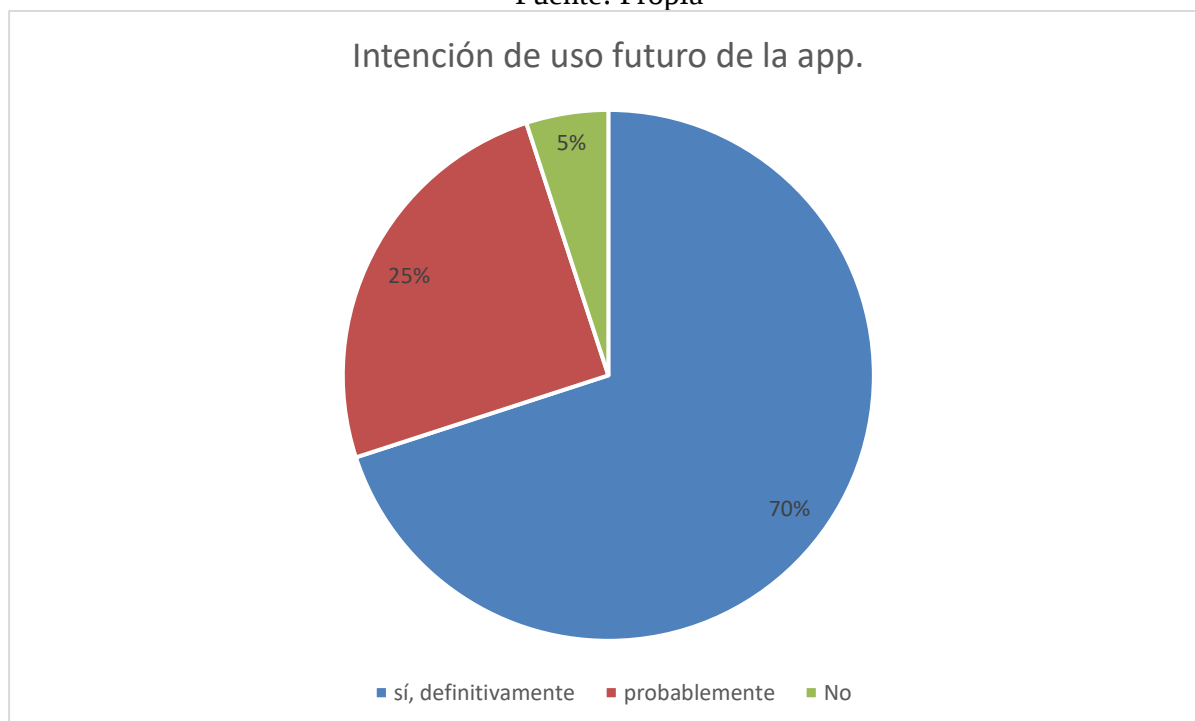


Gráfica 1

Percepción de la aplicación móvil (n=37)

Nota: En la presente gráfica se muestran los aspectos evaluados de acuerdo a la percepción de los usuarios finales en cuanto al manejo del prototipo.

Fuente: Propia



Gráfica 2

Intención de uso futuro de la app

Nota: Los resultados reflejan una percepción globalmente positiva. La intención de uso futuro alcanzó 95% de respuestas afirmativas (“sí, definitivamente” o “probablemente”).

Fuente: Propia

Los resultados coinciden con investigaciones previas sobre la adopción de tecnologías móviles en educación superior, que destacan la importancia de la accesibilidad y la experiencia del usuario (Zhang y Adipat, 2009). La alta puntuación en utilidad percibida y facilidad de uso confirma la pertinencia de un enfoque centrado en el usuario, como recomiendan (Nielsen, 1993) y (Norman, 2013). El rendimiento técnico aceptable y la intención de uso futuro elevada sugieren potencial para una implementación institucional más amplia.

Sin embargo, las limitaciones en el acceso a APIs restringen la funcionalidad, lo que refleja los desafíos de interoperabilidad en plataformas educativas (Demir y Akpınar, 2018). En comparación con estudios similares de desarrollo con Flutter, el presente prototipo obtuvo valores de aceptación superiores a la media reportada en aplicaciones académicas híbridas (Naveed et al., 2023). Se recomienda realizar estudios longitudinales y pruebas de usabilidad estandarizadas (SUS) con muestras mayores.

Prototipo para Mindbox

La pantalla inicial de la aplicación implementa un sistema de acceso controlado, donde el usuario introduce su matrícula del estudiante o rfc del docente, junto con una contraseña previamente validada por el servidor de Mindbox. La autenticación se realiza mediante solicitudes HTTPS a la API institucional, utilizando un token temporal cifrado que garantiza la seguridad de la sesión. En esta fase, el sistema identifica el tipo de cuenta (estudiante o docente) y ajusta dinámicamente las opciones del menú según los privilegios correspondientes. La autenticación de usuarios haciendo uso del prototipo fue probado con éxito en dispositivos Android 12 y iOS 17, en donde se obtuvieron valores promedio de respuesta a la petición de acceso de 2.1 segundos por validación.

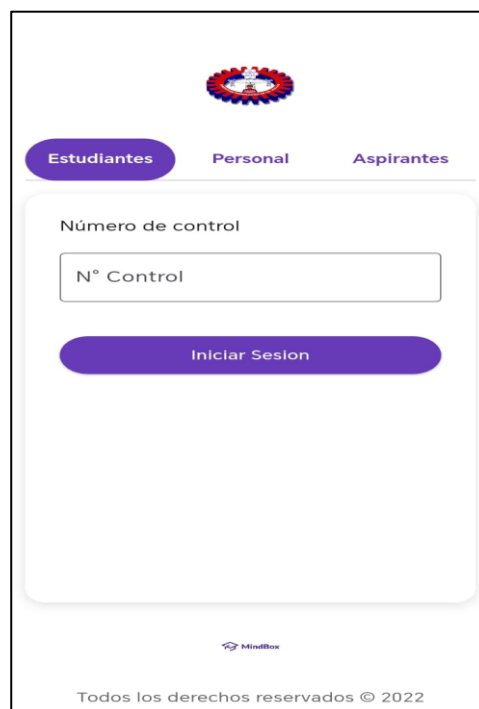


Ilustración 5

Pantalla de inicio de sesión

Nota: En la presente se muestra las opciones de inicio de sesión.

Fuente: Propia

Una vez que se entra a la aplicación después de haber iniciado la sesión, el usuario puede tener acceso a una serie de opciones dentro de las cuales primeramente está el acceso a su perfil personal. En esta se despliegan los datos básicos que nos proporciona la API de Mindbox: nombre completo, matrícula o rfc, carrera o departamento, correo institucional y fotografía vinculada. Esta ventana utiliza un diseño visual similar a los de la identidad gráfica de la plataforma empleando componentes de Material Design integrados en el framework Flutter para asegurar uniformidad. Los datos se almacenan temporalmente en una base de datos local SQLite, lo que permite consultar el perfil incluso sin conexión temporal a Internet. Durante las pruebas piloto, el 97% de los usuarios calificó positivamente la claridad y disposición visual de los elementos del perfil, destacando su rápida carga y diseño intuitivo.



Ilustración 6

Pantalla de perfil de usuario

Nota: En la presente imagen se muestra la información básica del usuario.

Fuente: Propia

El módulo de horario permite consultar la distribución semanal de clases o actividades laborales dependiendo del tipo de cuenta autenticada. En el caso de los estudiantes, el sistema muestra las asignaturas registradas en Mindbox, incluyendo nombre de la materia, clave, docente asignado, aula y horario. En el caso de los docentes, la aplicación presenta la lista de grupos atendidos, con horarios, asignaturas y número estimado de estudiantes. La información es recuperada mediante la ruta GET /api/horario/ de la API Mindbox, procesada en formato JSON y representada mediante una interfaz tipo tabla con soporte de desplazamiento horizontal. Durante las pruebas, el tiempo promedio de actualización del horario fue de 1.8 segundos con conexión estable. Los usuarios destacaron la utilidad inmediata de esta función para consultas

rápidas, especialmente desde dispositivos móviles de baja gama.



Ilustración 7

Pantalla de horario de actividades

Nota: En la presente se muestra el horario de actividades que tiene el estudiante o docente de acuerdo con el perfil que haya ingresado a la aplicación.

Fuente: Propia

El backend de la aplicación se comunica con la API mediante el paquete HTTP de Dart y maneja los estados de conexión con la librería provider, siguiendo las recomendaciones del patrón MVVM. Las vistas están compuestas por widgets dinámicos, lo que permite actualizaciones en tiempo real sin necesidad de recargar toda la aplicación. El almacenamiento local y la persistencia de sesión se logran mediante la clase SharedPreferences, que conserva el identificador de usuario y token de autenticación. Esto garantiza una experiencia fluida, ya que el usuario no necesita iniciar sesión cada vez que abre la aplicación.

CONCLUSIONES

Se puede concluir que el desarrollo del prototipo móvil fue técnicamente factible y bien aceptado por la población general de usuarios de Mindbox en el TecNM Instituto Tecnológico de Ciudad Valles. Los datos levantados mostraron un alto grado de: Utilidad percibida, Excepcional facilidad de uso (con subcomponentes en 4.4), y Alta intención de uso (con 4.7). A pesar de que aún tienen suficiente margen de mejora, estos resultados alcanzan los objetivos.

La combinación elegida de Flutter con el patrón arquitectónico MVVM proporcionó un desarrollo eficiente con capacidad multiplataforma. Las limitaciones incluyen tienen relación con el bajo nivel de acceso a más APIs y el tamaño de la muestra. Por lo que futuros trabajos pueden necesitar realizarse con una muestra mayor y en otras instituciones. Se sugiere evaluar la sostenibilidad del sistema en producción y profundizar en métricas de rendimiento y

experiencia de usuario. Este trabajo contribuye como evidencia aplicada de transformación digital educativa en el contexto del Tecnológico Nacional de México.

REFERENCIAS

- Bin Uzayr, S. (2022). *Mastering Flutter: A Beginner's Guide* (1st ed.). CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781003299363>
- Brooke, J. (1996). SUS: A quick and dirty usability scale. En P. Jordan, B. Thomas, B. Weerdmeester, y I. McClelland (Edits.), *Usability Evaluation in Industry* (pp. 189-194). Londres: Taylor & Francis.
- Congreso de la Unión, C. d. (2017). *Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados (LGPDPPSO), Código de Ética de la Publicación Científica*. Diario Oficial de la Federación.
- Demir, K., y Akpınar, E. (2018). The Effect of Mobile Learning Applications on Students' Academic Achievement and Attitudes toward Mobile Learning. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 6(2), 48-59.
<https://doi.org/10.17220/mojet.2018.02.004>
- Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., y Vlissides, J. (1994). *Design patterns: Elements of reusable object-oriented software*. United States: Addison-Wesley.
- González Gutiérrez, F. L., González Gutiérrez, S. G., y González Gutiérrez, M. I. (2023). La importancia del uso de la tecnología en el proceso educativo en México. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 7971-7983.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6780
- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza-Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana.
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments* (9 ed.). John Wiley & Sons.
<https://doi.org/10.1002/9781119320937>
- Napoli, M. L. (2019). *Beginning Flutter®: A Hands On Guide To App Development*. John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119550860>
- Naveed, Q. N., Choudhary, H., Ahmad, N., Alqahtani, J., y Qahmash, A. I. (2023). Mobile Learning in Higher Education: A Systematic Literature Review. *Sustainability* 2023, 15(18). <https://doi.org/10.3390/su151813566>
- Nielsen, J. (1993). *Usability engineering*. San Diego, USA: Academic Press, Inc.
- Norman, D. (2013). *The design of everyday things: Revised and expanded edition* (Revised and expanded edition ed.). New York: Basic Books.

- Pressman, R., y Maxim, B. (2020). *Software engineering: A practitioner's approach* (9th ed.). New York, NY, USA: McGraw-Hill Education.
- Rodríguez Estrada, J. A., Martínez Trujillo, Á. P., y Arana Llanes, J. Y. (2024). Impacto de las aplicaciones móviles en la educación superior: Aprendizaje en la palma de tu mano. *XIKUA Boletín Científico De La Escuela Superior De Tlahuelilpan*, 12(24), 59-65. <https://doi.org/10.29057/xikua.v12i24.12771>
- Schwaber, K., y Sutherland, J. (November de 2020). *The Scrum Guide*.
<https://www.scrum.org/resources/scrum-guide>
- Tavakol, M., y Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. 2, 53–55.
<https://doi.org/10.5116/ijme.4dfb.8dfd>
- Zhang, D., y Adipat, B. (2009). Challenges, Methodologies, and Issues in the Usability Testing of Mobile Applications. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 18(3), 293–308. https://doi.org/10.1207/s15327590ijhc1803_3

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD VALLES



INFORMES:

Carretera al Ingenio Plan de Ayala Km.2

Col. Vista Hermosa, C.P. 79010

Cd. Valles, S.L.P.

Tel. 481 38 1 20 44