

VOL. 1 NRO. 01, AÑO 2025 - BOLETÍN CIENTÍFICO



PUBLICACIÓN SEMESTRAL



OPEN  ACCESS



SCHOOL OF  
ENGINEERING

## ÍNDICE DE CONTENIDO

EDITORIAL .....	i
NOTA DEL DIRECTOR .....	v
Ejemplos Digitales Mediados por la Teoría de la Actividad y ADDIE para Álgebra Lineal .....	1
APKs: Herramientas para el Aprendizaje de Operaciones Aritméticas en Niños de 6 a 12 Años .....	26
Programa Educativo Virtual para el Fortalecimiento de Competencias Digitales en Estudiantes Universitarios .....	54
Estrategia de Innovación Tecnológica para mejorar el Rendimiento Académico en la Enseñanza de Turismo Sostenible .....	75
Propuesta de Migración de Red HFC Centralizada a Arquitectura de Acceso Distribuido en COSETT R.L. ....	95
Modelo Integral de Gestión de Incidentes para Mejorar la Continuidad Operativa en Redes Corporativas .....	123
Metodología ISO/IEC 27001 para mitigar riesgos de gestión de cambios en sistemas críticos de telecomunicaciones .....	147
Sistema de Alerta Temprana en Seguridad Informática mediante Honeypots Virtualizados en Redes Empresariales .....	172
Marco para la Gestión de Requerimientos de Software Basado en la Norma ISO/IEC/IEEE 15289 .....	198
Inteligencia artificial en la formación en investigación predoctoral: una propuesta desde la práctica formativa .....	219

## EDITORIAL

El Boletín Científico Fronteras Tecnológicas surge como una iniciativa académica orientada a la difusión, reflexión crítica y transferencia del conocimiento científico producido en la Unidad de Postgrado de Ciencias de la Computación y Telecomunicaciones (UPG/SOE) de la Facultad de Ciencias de la Computación y Telecomunicaciones (FICCT) en la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM). Su propósito se extiende hacia la consolidación de un espacio especializado para la socialización de investigaciones de alcance nacional e internacional, fortaleciendo la articulación académica y el posicionamiento del conocimiento científico en el campo de la computación y las telecomunicaciones.

Este primer número del volumen 1 expresa el compromiso institucional con la excelencia académica, así como la articulación entre ciencia, tecnología, sociedad e innovación, en consonancia con los desafíos contemporáneos de la educación superior, la ingeniería y transformación digital. Los artículos que conforman esta edición inaugural presentan una diversidad temática, metodológica y disciplinar que consolida la identidad del Boletín. Destacan investigaciones centradas en el ámbito educativo mediada por tecnologías, el fortalecimiento de competencias digitales, innovación pedagógica, inteligencia artificial, ingeniería de software, ciberseguridad y telecomunicaciones. Los trabajos reflejan una orientación hacia la investigación aplicada, con énfasis en la solución de problemáticas reales y la mejora de procesos educativos, tecnológicos y organizacionales.

En el ámbito de innovación y tecnología educativa, se presentan estudios orientados al fortalecimiento de las competencias digitales en estudiantes universitarios, evidenciando brechas significativas en alfabetización informacional, comunicación

digital, creación de contenido y seguridad informática. A partir de estos diagnósticos, se proponen programas educativos virtuales estructurados y contextualizados que se constituyen en alternativas viables para mejorar la formación integral y responder a las exigencias de la sociedad del conocimiento. Se expone una estrategia de innovación tecnológica aplicada a la enseñanza del Turismo Sostenible, cuyos resultados empíricos muestran incrementos sustanciales en el rendimiento académico, motivación, asistencia y participación estudiantil, así como una integración efectiva de criterios de sostenibilidad y uso pertinente de recursos digitales.

Desde una perspectiva didáctica, Fronteras Tecnológicas incorpora investigaciones que abordan el aprendizaje de disciplinas tradicionalmente consideradas de alta complejidad. Los estudios sobre el uso de ejemplos digitales desarrollados, mediados por la Teoría de la Actividad y el modelo ADDIE en la enseñanza del Álgebra Lineal, aportan evidencia sobre la mejora en la comprensión conceptual, reducción de la carga cognitiva y transferencia de habilidades hacia contextos profesionales. De igual manera, el desarrollo de aplicaciones móviles lúdico-digitales para el aprendizaje de operaciones aritméticas en niños de 6 a 12 años demuestra el potencial del juego digital, sustentado en principios de neuroeducación y diseño universal para el aprendizaje, que fomentan la motivación, la actitud positiva hacia las matemáticas y el aprendizaje significativo desde edades tempranas.

En el campo de la formación investigativa, este número inaugural incluye un análisis crítico sobre la integración de la inteligencia artificial generativa en la etapa predoctoral. A partir de una experiencia formativa desarrollada en un programa doctoral español, se reflexiona sobre las oportunidades que ofrecen estas herramientas para apoyar la producción académica, así como sobre los desafíos éticos, epistemológicos y



pedagógicos asociados a la autoría, la transparencia y el pensamiento crítico. El estudio subraya la necesidad de marcos normativos claros y de una alfabetización digital avanzada que permita un uso responsable y formativo de la inteligencia artificial en la investigación científica.

Este número 1, volumen 1 del Boletín reúne aportes relevantes en el ámbito de la ingeniería y las tecnologías de la información, sustentados en normas y marcos internacionales reconocidos. Las investigaciones sobre la gestión de incidentes en redes corporativas, la mitigación de riesgos en la gestión de cambios de sistemas críticos y la implementación de sistemas de alerta temprana mediante honeypots virtualizados evidencian mejoras significativas en la continuidad operativa, la reducción de tiempos de detección, la resiliencia tecnológica y la madurez organizacional en ciberseguridad. Estos estudios confirman la pertinencia de adoptar enfoques normados, sistemáticos y escalables, especialmente en organizaciones con recursos limitados.

Se presentan contribuciones orientadas a la optimización de procesos y la modernización de infraestructuras tecnológicas. El marco para la gestión de requerimientos de software basado en la norma ISO/IEC/IEEE 15289 demuestra mejoras sustanciales en la claridad, consistencia y trazabilidad de los requerimientos, fortaleciendo la alineación entre los *stakeholders* y el producto final. En el ámbito de las telecomunicaciones, la propuesta de migración de redes HFC centralizadas hacia arquitecturas de acceso distribuido (DAA) confirma su viabilidad técnica, económica y ambiental, evidenciando reducciones relevantes en latencia, consumo energético y costos operativos, consolidándose como un modelo replicable y sostenible para operadores de la región.

Desde una mirada holística, el número 1 proyecta al Boletín Científico Fronteras Tecnológicas como un espacio plural, interdisciplinario y abierto al diálogo académico, orientado a promover investigaciones con impacto social, educativo y tecnológico. La publicación reafirma el compromiso de la UPG/SOE con el fortalecimiento de la cultura científica, la innovación y mejora continua de la calidad académica, invitando a investigadores, docentes y profesionales a contribuir en futuras ediciones con trabajos que amplíen las fronteras del conocimiento. Con ello se consolida el interés de servir como *Agentes de cambio para un mundo interconectado*.

PhD. Yasvily Méndez Paz  
**Editora Principal**

PhD. Oscar Andrés Piñera Hernández  
**Coeditor**

MSc. Juan Carlos Peinado Pereira  
**Director**  
**Boletín Científico Fronteras Tecnológicas**

## NOTA DEL DIRECTOR

Es un honor presentar el volumen 1, número 1 del Boletín Científico Fronteras Tecnológicas, una publicación que refleja el compromiso de la Unidad de Postgrado de Ciencias de la Computación y Telecomunicaciones (UPG/SOE) con la generación, sistematización y difusión del conocimiento científico y tecnológico en nuestro país y la región. Este primer número constituye un hito institucional al ofrecer un espacio donde convergen investigaciones rigurosas, innovadoras y de impacto social, educativo y tecnológico.

Los artículos incluidos se seleccionaron bajo criterios de excelencia académica, relevancia aplicada e interdisciplinariedad, abarcando áreas que van desde la educación mediada por tecnologías y el fortalecimiento de competencias digitales, hasta inteligencia artificial, ingeniería de software, ciberseguridad y telecomunicaciones. Cada investigación incorpora enfoques metodológicos sólidos, evidencia empírica y contribuciones que amplían el conocimiento teórico y ofrecen soluciones prácticas a problemáticas reales.

En este primer número del volumen 1, se destacan aportes significativos en la mejora de procesos educativos mediante la integración de tecnologías digitales, la optimización de infraestructuras tecnológicas y la gestión eficiente de recursos en entornos corporativos y académicos. Los trabajos reflejan la capacidad de nuestros investigadores para generar conocimiento contextualizado, atendiendo retos locales y dialogando con tendencias internacionales en ciencia, tecnología e innovación.

Este Boletín se concibe como un espacio dinámico de construcción y transferencia del conocimiento, donde investigadores, docentes y postgraduantes comparten experiencias, reflexiones y resultados con rigor académico y proyección social. Asimismo, constituye un instrumento estratégico para fortalecer la cultura científica,

fomentar la innovación responsable y consolidar la posición de nuestra Unidad de Postgrado como referente de investigación en el país.

Invito a toda la comunidad académica, autoridades y colaboradores a sumarse a este proyecto, participando en futuras ediciones y contribuyendo a que el Boletín Científico Fronteras Tecnológicas se consolide como un referente de calidad, ética y excelencia en la difusión científica y tecnológica.

MSc. Juan Carlos Peinado Pereira  
Director

**Boletín Científico Fronteras Tecnológicas**  
**Unidad de Postgrado de Ciencias de la Computación**

## Ejemplos Digitales Mediados por la Teoría de la Actividad y ADDIE para Álgebra Lineal

*Digital Examples Mediated by Activity Theory and ADDIE for Linear Algebra*

### Autores:

Nelly Rigaud Téllez  ORCID

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Roberto Blanco Bautista  ORCID

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

### Cómo citar este artículo:

**American Psychological Association, 7.<sup>a</sup> edición (APA 7):**

Rigaud Téllez, N. y Blanco Bautista, R. (2025). Ejemplos digitales mediados por la teoría de la actividad y ADDIE para álgebra lineal. *Boletín Científico Fronteras Tecnológicas*, 1(1), 1-25.

**Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE):**

N. Rigaud Téllez y R. Blanco Bautista, “Ejemplos digitales mediados por la teoría de la actividad y ADDIE para álgebra lineal”, *Boletín Científico Fronteras Tecnológicas*, vol. 1, no. 1, 1-25, 2025. [En línea].



## RESUMEN

Álgebra Lineal ocupa un rol crucial en diferentes campos de tecnología e ingeniería, por lo que constituye una base indispensable para el desarrollo científico y tecnológico. Su educación está catalogada como de difícil aprendizaje para estudiantes, y de difícil enseñanza por maestros. El estudio examina el aprendizaje de esta disciplina, mediante un ritmo adecuado en aula, y el uso de artefactos digitales centrados en ejemplos desarrollados, que vinculan teoría y práctica, como una herramienta efectiva para fortalecer la capacidad de abstracción, generalización y formalismo, al tiempo que se visibilizan escenarios profesionales, donde el Álgebra Lineal es clave para la solución de problemas. La investigación se guía por la Teoría de la Actividad y el modelo ADDIE, para explorar cómo estudiantes que no han tenido relación con la asignatura, interactúan con ejemplos desarrollados, bajo actividades instruccionales previamente organizadas. El estudio consideró un grupo experimental y uno de control. Los resultados indican que, en el grupo experimental existe un nivel de aceptación alto para adoptar estos artefactos y un mejoramiento en el rendimiento académico de estudiantes. Se hallaron evidencias en la capacidad de transferir habilidades a otros conceptos matemáticos, lo cual es una puerta a nuevas investigaciones sobre la integración de artefactos digitales y diseño instruccional en disciplinas catalogadas como de alta dificultad.

*Palabras claves:* Álgebra Lineal, recursos educativos digitales, teoría de la actividad, modelo ADDIE, aprendizaje mediado por tecnología.

## ABSTRACT

Linear algebra plays a crucial role in various fields of technology and engineering, making it an indispensable foundation for scientific and technological development. It is considered difficult for students to learn and difficult for teachers to teach. This study examines the learning of this discipline through an appropriate classroom pace and the use of digital artifacts focused on developed examples that link theory and practice as an effective tool for strengthening the capacity for abstraction, generalization, and formalism, while highlighting professional scenarios where linear algebra is key to problem solving. The research is guided by Activity Theory and the ADDIE model to explore how students who have had no previous exposure to the subject interact with developed examples under previously organized instructional activities. The study considered an experimental group and a control group. The results indicate that, in the experimental group, there is a high level of acceptance for adopting these artifacts and an improvement in students' academic performance. Evidence was found in the ability to transfer skills to other mathematical concepts, which is a gateway to new research on the integration of digital artifacts and instructional design in disciplines classified as highly difficult.

*Keywords:* Linear Algebra, digital educational resources, activity theory, ADDIE model, technology-mediated learning.



## INTRODUCCIÓN

Álgebra Lineal es fundamental por sus importantes aplicaciones en múltiples disciplinas, al sustentar espacios vectoriales, finitos o de dimensión infinita contable, junto con las transformaciones lineales entre dichos espacios (Taguchi, 2020). Su estructura formal permite modelar y resolver problemas complejos mediante herramientas que favorecen el análisis, la abstracción y la representación matemática en diversos contextos científicos y tecnológicos.

Aunque los docentes reconocen la importancia del Álgebra Lineal, también identifican dificultades en la comprensión y aplicación de sus conceptos, como los espacios vectoriales y las proyecciones ortogonales en el nivel superior (Bernier & Zandieh, 2024). La naturaleza inherentemente abstracta de esta disciplina, junto con la limitación de vincularla con escenarios contextualizados, como los propios de ciencias aplicadas o ingeniería, representa un obstáculo significativo en el proceso de aprendizaje de estudiantes (Carlson, 1993).

Estas dificultades de comprensión y vinculación con aplicaciones reales han generado cuestionamientos sobre la pertinencia de mantener ciertos contenidos en el nivel medio superior, lo que ha derivado en recientes cambios de planes y programas de estudio en diferentes bachilleratos mexicanos (educación media superior) que han eliminado contenidos básicos de Álgebra Lineal. En consecuencia, existen estudiantes que ingresan a carreras universitarias sin conocimientos previos de la asignatura. Ante esta situación, en el nivel licenciatura se suelen adoptar dos enfoques de enseñanza: métodos mecánicos que enfatizan algoritmos y técnicas procedimentales, o enfoques axiomáticos centrados en la demostración y teoría.

Por un lado, si bien las técnicas procedimentales facilitan manipulaciones sistemáticas, estas tienden a ser insuficientes, ya que no brindan oportunidades para explicar soluciones o



fundamentos (Dogan, 2018). Como resultado, los estudiantes suelen tener dificultades para transferir sus conocimientos a otros dominios. Por otro lado, el enfoque axiomático promueve un razonamiento riguroso y profundo, pero puede resultar abstracto y demandante en tiempo, lo que potencialmente desmotiva a estudiantes, especialmente en áreas como la ingeniería, donde las aplicaciones prácticas son prioritarias (Dogan, 2018).

Al respecto, la literatura recomienda actividades valiosas en matemáticas, que promuevan el diálogo y ayuden a estudiantes a desempeñarse bien en evaluaciones basadas en contenido, y que apoyen su desarrollo en el pensamiento matemático, resolución de problemas y comunicación matemática (Wesenberg et al., 2025). En esta línea, la presente investigación se orienta a explorar cómo materializar estas recomendaciones, al articular teoría y práctica mediante recursos educativos digitales dentro de una estrategia instruccional que fortalezca la abstracción, generalización y formalismo matemático, mientras se visibilizan escenarios del campo profesional en los que el Álgebra Lineal resulta fundamental.

Este estudio examina el impacto del uso de un tipo de recurso digital, llamado ejemplo desarrollado, diseñado bajo la Teoría de la Actividad, para la mejora del desempeño conceptual y procedimental de estudiantes que han tenido una limitada experiencia con temas fundamentales de Álgebra Lineal, bajo un diseño instruccional y una intervención didáctica. Para fundamentar esta intervención, es necesario revisar los aspectos teóricos de la Teoría de la Actividad, que proporciona un marco para comprender cómo los estudiantes interactúan con herramientas, mediaciones y prácticas educativas en el aprendizaje de conceptos complejos como los de Álgebra Lineal.

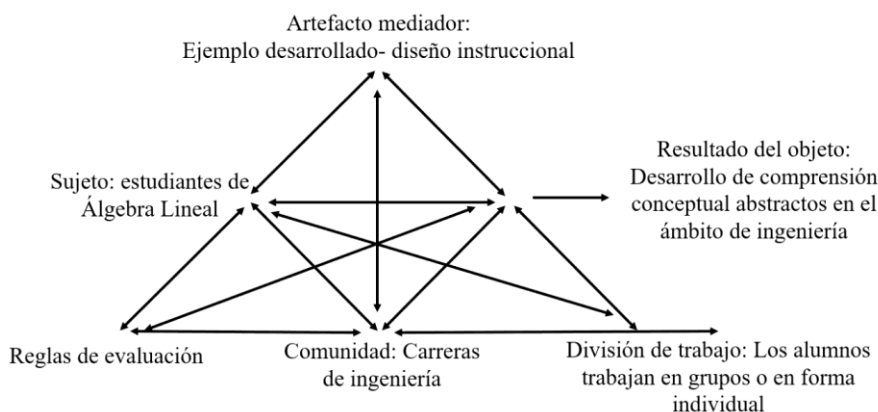
### a) Teoría de la Actividad

La Teoría de la Actividad (TA) del aprendizaje presenta un marco integral que conceptualiza el aprendizaje como un sistema de actividad dinámico e integrado (Xiangkui, 2024; Burner & Svendsen, 2020). Nguyen et al. (2022) sugieren este marco para analizar y mejorar la enseñanza de Álgebra Lineal, en donde el aprendizaje debe examinarse como un sistema holístico de actividad, un proceso auténtico de resolución de problemas, en el que los individuos participan activamente en la construcción de su comprensión mediante interacciones significativas con su entorno.

En esta línea, el modelo de tercera generación de la Teoría de la Actividad de Engeström (2014) permite analizar entornos de aprendizaje complejos que involucran objetos (propósitos y metas), acciones y operaciones realizadas, artefactos mediadores, reglas, etc., que facilitan la transformación de acciones externas en procesos mentales internos, bajo influencias contextuales y escenarios histórico-culturales (figura 1).

**Figura 1**

*Modelo de Actividad para la Comprensión Conceptual en Álgebra Lineal*



*Nota.* La figura demuestra el modelo de actividad para la comprensión conceptual en Álgebra Lineal. Fuente: Elaboración propia.



En la figura 1, las herramientas se constituyen como artefactos mediadores, tales como el software dinámico, que contribuye a alcanzar resultados de aprendizaje esperados (Periasamy, 2012; Thomas, 2012). Asimismo, los ejemplos trabajados en aula no solo median la actividad, sino también reflejan y transforman las relaciones entre distintos elementos del sistema, facilitando así el aprendizaje (Xiangkui, 2024). En este marco, Frieriksen & Hadjerrouit (2020) y Treffert-Thomas (2015) reconocen la importancia de integrar artefactos digitales en un entorno de aprendizaje matemático, apoyado por prácticas como el aula invertida, lo cual podría aplicarse al Álgebra Lineal en el entorno educativo universitario latinoamericano (Gerónimo-Bautista & Ochoa Rosas, 2025).

Anastasakis et al. (2022) señalan que los estudiantes de ingeniería y computación enfrentan desafíos significativos en los cursos de Álgebra Lineal, en parte debido a la ausencia de ejemplos que articulen de manera efectiva la teoría y práctica durante las clases. Esta situación evidencia que, aunque la Teoría de la Actividad de Engeström ha sido ampliamente empleada en investigaciones educativas para analizar las interacciones entre sujetos, herramientas y contextos, su uso en el aprendizaje de Álgebra Lineal permanece aún limitado.

Por ello, se resalta la necesidad de diseñar ejemplos de manera sistemática para apoyar el aprendizaje. En esta dirección, Castle (2023) considera la codificación como una oportunidad para desarrollar y expresar la creatividad en el contexto del Álgebra Lineal, bajo algún modelo instruccional, como ADDIE, que asegure una integración efectiva en las prácticas docentes. Se abre una oportunidad de examinar el uso de ejemplos desarrollados como herramientas mediadoras que promuevan un aprendizaje significativo.

**b) Ejemplos desarrollados**

La enseñanza del Álgebra Lineal enfrenta el desafío de lograr que los estudiantes integren los conocimientos adquiridos y los apliquen en contextos nuevos. Este reto persiste tanto en enfoques procedimentales como axiomáticos, ya que ambos requieren que los estudiantes articulen habilidades de abstracción, razonamiento y métodos de resolución de problemas, competencias que no siempre se encuentran plenamente desarrolladas al cursar esta asignatura.

La enseñanza del Álgebra Lineal presenta el desafío de lograr que los estudiantes comprendan los conceptos fundamentales y sean capaces de aplicarlos en situaciones nuevas. Este reto se mantiene en enfoques procedimentales y aproximaciones axiomáticas, ya que ambos exigen niveles de abstracción y razonamiento lógico. Además, demandan que el estudiante maneje métodos de solución y vínculos entre distintos conceptos, habilidades que con frecuencia no se encuentran consolidadas al cursar esta asignatura. Como consecuencia, la carga cognitiva se incrementa y dificulta un aprendizaje fluido, especialmente cuando no se cuenta con estrategias didácticas que faciliten la conexión progresiva entre los conceptos teóricos y su aplicación práctica.

Las investigaciones de Sweller & Cooper (1985), realizadas hace aproximadamente dos décadas, evidenciaron que los ejemplos desarrollados reducen la carga cognitiva y facilitan la transferencia del conocimiento; sin embargo, no siempre garantizan un aprendizaje profundo ni la identificación de estructuras matemáticas subyacentes. En este sentido, resulta fundamental distinguir entre distintos tipos de ejemplos. Por un lado, se encuentran los procedimentales, centrados en secuencias explícitas de instrucciones para alcanzar un resultado. Por otro, los conceptuales, orientados hacia principios, teorías y la comprensión fundamental de un tema. Se

identifican los ejemplos contextualizados tecnológicamente, que integran conceptos y procedimientos dentro de un entorno digital o tecnológico (Bernier & Zandieh, 2024).

Como artefactos mediadores, los ejemplos proporcionan representaciones estructuradas y modelos para la resolución de problemas (Bernier & Zandieh, 2024), cuya eficacia aumenta al incorporar variantes como comparaciones entre métodos, errores intencionales, ejercicios breves en un ambiente de juego, robótica, realidad aumentada, simulaciones, entre otras, lo cual proporciona una guía clara y concreta (Renkl, 2024; Barbieri et al., 2023); no obstante, la literatura sobre Álgebra Lineal y su enseñanza aún no ha explorado suficientemente este potencial, especialmente en relación con el desempeño y andamiaje de los estudiantes. Los ejemplos desarrollados enmarcados en la Teoría de la Actividad (Engeström, 2014) dejan de ser herramientas aisladas para convertirse en componentes integrados, lo que abre la posibilidad de articular teoría y práctica en un mismo espacio instruccional.

La pregunta que guía a esta investigación es, ¿cómo influye el uso de ejemplos desarrollados, contextualizados con elementos digitales y diseñados bajo la Teoría de la Actividad, en el desarrollo de habilidades de axiomatización, formalismo y solución de problemas en estudiantes de licenciatura? Se parte del supuesto que su integración, mediante algún diseño instruccional adecuado, favorece una comprensión conceptual más sólida frente a métodos tradicionales de enseñanza.

### **c) Diseño instruccional**

Los ejemplos concebidos como artefactos digitales mediado bajo la Teoría de la Actividad se pueden diseñar siguiendo el modelo instruccional ADDIE. Este enfoque cíclico —Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación— ofrece una estructura coherente y flexible para el diseño educativo (Seel et al., 2017). A partir de ello, se facilita la integración de recursos

digitales que fortalecen las habilidades matemáticas y la formación en ingeniería en universidades latinoamericanas (Villalba et al., 2025).

En este estudio, el modelo ADDIE no se utiliza únicamente como guía de diseño, sino como un marco integrador entre la Teoría de la Actividad, ejemplos desarrollados y tecnologías digitales. Al seguir cada una de sus fases, cuya primera etapa es el análisis, se identifican las necesidades formativas, el contexto educativo y los obstáculos presentes en las prácticas instruccionales. Esto permite estructurar experiencias de aprendizaje que incorporan herramientas digitales de manera coherente con los objetivos de aprendizaje y las prioridades institucionales (Seel et al., 2017).

Aunque el modelo ADDIE constituye un referente consolidado en contextos presenciales, a distancia e híbridos, su aplicación al rediseño de actividades de Álgebra Lineal mediante artefactos digitales sigue siendo limitada. La presente investigación aporta una novedad metodológica al articular de manera explícita la Teoría de la Actividad con las fases del modelo ADDIE, conectando la formalización matemática con la comprensión conceptual en un área caracterizada por altos niveles de abstracción que dificultan el aprendizaje.

En este contexto, el estudio tiene como objetivo examinar cómo el uso de ejemplos desarrollados, contextualizados con elementos digitales y diseñados bajo la Teoría de la Actividad, influyen en el desarrollo de habilidades de axiomatización, formalismo y resolución de problemas en estudiantes de Licenciatura en Álgebra Lineal.

## METODOLOGÍA

Se utilizó un diseño cuasiexperimental con grupos previamente conformados en sus cursos regulares. La asignación a las condiciones del estudio se realizó de forma aleatoria, y todos pertenecían al mismo programa académico, abordaban contenidos equivalentes y operaban bajo condiciones institucionales homogéneas.

La investigación se llevó a cabo en una Facultad del Estado de México durante el semestre académico 2024-2025. Participaron dos grupos de estudiantes del segundo semestre de carreras de ingeniería. Como antecedentes, los estudiantes habían cursado las asignaturas de Álgebra, Cálculo y Geometría, conforme al plan de estudios vigente. Los estudiantes provenían en su mayoría de bachilleratos públicos.

Cada grupo estuvo integrado por treinta estudiantes, organizados en un grupo experimental y otro de control, ambos con perfiles académicos heterogéneos. Las sesiones se desarrollaron de manera presencial, bajo la conducción de dos docentes especialistas que participaron voluntariamente. Para la recolección de datos se utilizaron las pruebas ordinarias de la asignatura, aplicadas de manera regular dentro del proceso evaluativo.

Sobre el diseño instruccional, se utilizó el modelo ADDIE. En la fase de análisis, una investigación bibliométrica permitió identificar necesidades específicas de aprendizaje para la asignatura de Álgebra Lineal en las dimensiones de comprensión conceptual (Bernier & Zandieh, 2024), pruebas y demostraciones (Caglayan, 2018), flexibilidad cognitiva (Dogan, 2018), simbolismo y operaciones (Serbin et al., 2020), participación y compromiso (Dogan, 2018), estrategias instruccionales (Serbin et al., 2020; Harel, 2017) y uso de tecnología (Caglayan, 2018).

Durante la fase de diseño, se incorporaron características estructurales propias del Álgebra Lineal y representaciones tecnológicas, siguiendo las propuestas de Renkl (2021) y Wesenberg et



al. (2024). El desarrollo de los ejemplos contó con el apoyo de especialistas y evaluación por pares, lo que permitió realizar ajustes para asegurar la pertinencia pedagógica. Posteriormente, de manera inicial se alojaron en un sitio comercial (*Genially*), donde fueron validados nuevamente por expertos, garantizando su alineación con tecnologías educativas.

La figura 2 muestra un fragmento de un ejemplo cuyo propósito va más allá de obtener una respuesta técnica, pues busca fomentar una reflexión profunda sobre el significado y la aplicabilidad de los conceptos matemáticos en situaciones reales. El ejemplo aborda la representación de colores como vectores en un espacio tridimensional, configurándose como un artefacto didáctico vinculado al campo del procesamiento de imágenes. A partir de preguntas orientadoras, tales como, ¿qué ocurre cuando se vectorizan imágenes y se suman?, ¿cómo se visualiza la operación de multiplicación de un escalar por una matriz en este ejemplo?, se guía al estudiante hacia la comprensión de la ortogonalidad y sus conceptos asociados.

Este enfoque permite la asimilación de nuevos conceptos mediante la activación de esquemas mentales existentes. Desde la Teoría de la Actividad, el uso de un ejemplo desarrollado como artefacto mediador integra herramientas digitales y representaciones visuales que facilitan la interacción entre el estudiante y el objeto matemático. Como reforzamiento, se proporciona codificación en Python que incluye diferentes librerías como *NumPy* y *Matplotlib*, que los estudiantes ejecutan en consola, o plataformas como *Jupyter Notebook*. La manipulación de representaciones se complementa con actividades colaborativas, donde se discuten implicaciones y se construye colectivamente la transferencia a otros temas o contextos.

**Figura 2**

*Ejemplo de colores representados como vectores en un espacio tridimensional*

+ Título: Descomposición de colores y subespacios en  $\mathbb{R}^3$ .  
+ Objetivo: Asociar el dominio de procesamiento de imágenes como una representación matricial en la que se pueden ejecutar operaciones de suma, resta, multiplicación por un escalar, por mencionar algunas de ellas.  
+ Conceptos previos:  
...  
+ El problema  
Una imagen digital se puede interpretar como una colección de puntos de color llamados píxeles. Cada píxel tiene un color específico representado como un vector  $[r \ g \ b]$  que, por sus siglas en inglés  $r$ ,  $g$  y  $b$  son rojo, verde y azul, respectivamente. Un valor de 0 en estos componentes, es decir,  $[0 \ 0 \ 0]$  indica ausencia total de color, resultando en un píxel negro. Por otro lado,  $[255 \ 255 \ 255]$ , representa la máxima intensidad de todos los colores, apareciendo como blanco.  
... consignas...

Desarrollo de la solución

La representación de matrices en imágenes de color depende del sistema de colores usados para el procesamiento de imágenes. En el problema se usa  $RGB$ , en donde cada color varía entre 0 y 255. En el contexto de álgebra lineal, dos vectores en un subespacio ( $\mathbb{R}^n$ ) son complementos ortogonales, si su producto interno es cero (ecuación 1).

**Ecuación 1**

$$V^\perp = \{w \in \mathbb{R}^n | v \cdot w = 0, \text{ para toda } v \in V\}$$

Esto significa que no tienen ningún componente en común en la dirección del otro. En términos de colores, esto se traduce en que los colores representados por vectores ortogonales no contribuyen a un mismo tono de gris.

a. Cuando los colores de  $r$ ,  $g$  y  $b$  son iguales, el color resultante es un tono de gris. Esto significa que cualquier vector que represente un tono de gris, puede expresarse como  $[0.5r \ 0.5g \ 0.5b]$ , es decir,

$$u = [gr \ gr \ gr], \quad u \in \mathbb{R}$$

Dado que todos los valores  $gr$  tienen la misma proporción, o sea la multiplicación de un escalar por el vector, por ejemplo, el vector  $[1 \ 1 \ 1]$  representa un tono de gris en el subespacio de colores  $\mathbb{R}^3$ . Cualquier vector ortogonal a  $[1 \ 1 \ 1]$ , no tendrá ninguna componente gris y su producto interno será cero, tal es el caso de  $[1 \ -1 \ 0]$ .

b. Si consideramos que  $U$  está generado por el vector  $[1 \ 1 \ 1]$ . La clave está en encontrar el valor  $gr$  que equilibre la intensidad de colores: Para descomponer un vector  $[r \ g \ b]$  en sus componentes gris y cromática, podemos usar una proyección ortogonal. La componente gris es un múltiplo de

$$u = \left( \frac{r+v+a}{3}, \frac{r+v+a}{3}, \frac{r+v+a}{3} \right)$$

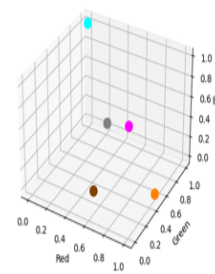
El complemento ortogonal  $u^\perp$  contiene la “parte de color” no gris. Esto se puede describir como una componente cromática que es la diferencia entre el vector original y la componente gris  $u^\perp = \left( r - \frac{r+v+a}{3}, v - \frac{r+v+a}{3}, a - \frac{r+v+a}{3} \right)$

b. Para crear un gráfico, se empleará el lenguaje de programación de Python, con particular énfasis en la librería de *matplotlib*. Se emplean algunos colores cuyas coordenadas son (Tabla 2):

Un extracto del código está presente en la figura 1:

```
fig=plt.figure()
ax=fig.add_subplot(111, projection='3d')
#graficar cada punto con su color correspondiente
for color in colors:
    ax.scatter(*color, color=color, s=100)
ax.set_xlabel('Red')
ax.set_ylabel('Green')
ax.set_zlabel('Blue')
ax.set_title('Representación 3D de colores RVA')
plt.show()
```

Representación 3D de colores RVA

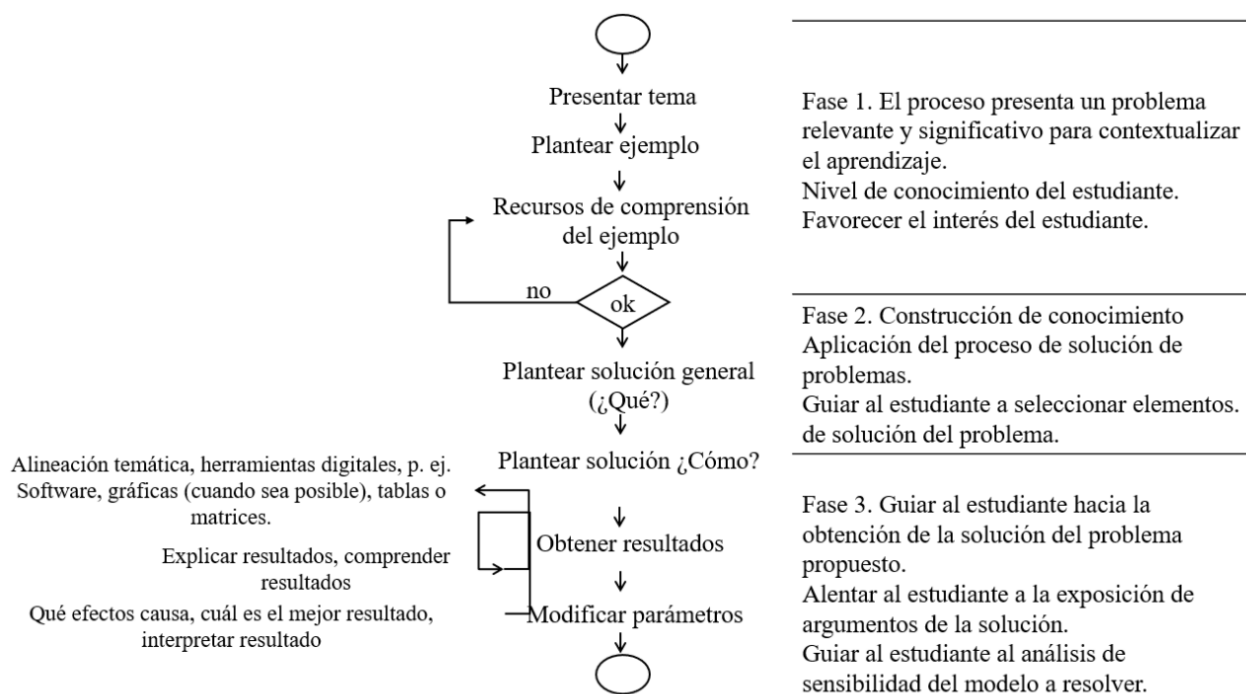


**Nota.** La figura demuestra el ejemplo desarrollado que aborda la representación de colores como vectores en un espacio tridimensional. Fuente: Elaboración propia.

Con el fin de garantizar la validez, coherencia y efectividad de la intervención, se definió una Propuesta metodológica para implementar los ejemplos en clase (Figura 3), estructurada en fases secuenciales que orientan el proceso de enseñanza–aprendizaje de manera sistemática. Esta metodología integra la presentación del tema, el uso de recursos digitales, la resolución de problemas y el análisis de resultados, con el propósito de favorecer la comprensión, el desarrollo del pensamiento crítico y la aplicación práctica de los contenidos.

**Figura 3**

*Propuesta metodológica para la implementación de ejemplos en el proceso de enseñanza–aprendizaje*



*Nota.* La figura muestra la propuesta metodológica para la implementación de ejemplos en el proceso de enseñanza–aprendizaje. Fuente: Elaboración propia.

**Fase 1: Introducción del proceso contextualizado.** Esta etapa se centra en presentar un problema relevante y significativo para contextualizar el aprendizaje. Los docentes emplean estrategias para vincular el conocimiento previo de los estudiantes con el contenido nuevo, utilizando técnicas que fomenten la participación y comuniquen claramente los objetivos de aprendizaje. Estos objetivos funcionan como metas motivadoras que orientan la estrategia didáctica y como fuerza impulsora del proceso educativo.

**Fase 2: Desarrollo de estrategias para abordar el problema.** En esta fase, el docente propone una experiencia de aprendizaje en la que los estudiantes construyen nuevas

comprensiones mediante la participación. Se promueve un entorno colaborativo que favorece la discusión, el debate y la exploración compartida, elementos clave para la apropiación del contenido.

**Fase 3: Obtención de resultados.** En esta etapa se enfoca en aplicar el método o estrategia seleccionada para resolver el problema y consolidar el conocimiento adquirido. Se utilizan ejercicios diseñados para reforzar argumentos, evaluar la profundidad de la comprensión y detectar posibles errores conceptuales. El docente interviene oportunamente para corregir malentendidos y fortalecer el aprendizaje.

La integración de ejemplos desarrollados y recursos digitales favorece la comprensión conceptual y procedimental en Álgebra Lineal. Además, promueve la participación activa y reflexión crítica de los estudiantes. Este enfoque, sustentado en la Teoría de la Actividad y el modelo ADDIE, contribuye al desarrollo de habilidades de razonamiento, abstracción y transferencia de conocimientos a distintos contextos, destacando el valor de articular diseño instruccional, tecnología educativa y mediación pedagógica en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

## RESULTADOS

Se generaron ejemplos digitales alojados en un sitio web de la universidad. El desempeño académico representó la variable dependiente, que refleja el logro académico alcanzado por los estudiantes. La evaluación incluyó problemas de resolución, aplicación y reactivos de interpretación conceptual. Las pruebas de desempeño fueron revisadas por ambos docentes y otros especialistas en evaluación, para asegurar su validez de contenido.

El promedio de resultados de evaluación de los estudiantes del grupo del control fue de 6.57, con una desviación estándar de 1.73. El grupo experimental obtuvo un promedio de 7.43,

con una desviación estándar de 1.07. La gráfica de caja muestra claramente la diferencia en el rendimiento entre los grupos (Figura 4).

**Figura 4**

*Comparación del desempeño entre el grupo de control y el grupo experimental*



*Nota.* El gráfico de caja evidencia la diferencia en el rendimiento obtenido por ambos grupos.

Fuente: Elaboración propia.

Al aplicar la prueba de Chi-cuadrada, se realizó una comparación categórica de niveles de desempeño académico, de acuerdo con los criterios institucionales utilizados para clasificar el logro de estudiantes. El estadístico de prueba fue  $\chi^2 = 10.02$ , con dos grados de libertad, considerando el grupo por nivel de desempeño, con un valor  $p$  de 0.0401. Dado que el valor  $p$  es menor que 0.05, existe una diferencia significativa en la distribución de las categorías de calificación entre los grupos de control y experimental.

Asimismo, debido a que no se tenía certeza sobre la normalidad de datos, se aplicó la prueba de Mann-Whitney. El análisis arrojó un estadístico  $u = 277$  y un valor  $p$  de 0.0067, lo cual indica que los puntajes del grupo experimental fueron significativamente mayores que los del grupo de control. Como medida complementaria, se calculó el tamaño del efecto, a través de la  $d$



de Cohen, obteniéndose un valor de 0.808, que evidencia un efecto grande. Esto sugiere que la diferencia entre los grupos es estadísticamente significativa y educativamente relevante.

La revisión por pares recomendó incorporar entrevistas semiestructuradas para profundizar en las experiencias individuales de los estudiantes. La participación fue voluntaria y se explicó la relevancia de explorar sus percepciones sobre la utilidad de los ejemplos desarrollados, las dificultades encontradas, las propuestas de mejora y la vinculación de los conceptos con situaciones reales. En total, participaron diez estudiantes del grupo experimental. El contenido de las respuestas se registró y analizó con la herramienta Atlas.Ti, lo que permitió codificar comentarios y determinar categorías

Como se presenta en la Tabla 1, a cada categoría de análisis se le asignaron dimensiones específicas derivadas de los segmentos de información obtenidos en las entrevistas. Este proceso permitió organizar y depurar los datos, identificando regularidades que emergieron de manera inductiva. A partir de ello, se establecieron cuatro patrones centrales: comprensión conceptual, aplicación práctica, motivación y sugerencias de mejora, los cuales ofrecen una estructura analítica coherente para interpretar las percepciones y experiencias de los participantes frente a la intervención educativa.

**Tabla 1**

*Identificación de categorías*

Categoría	Dimensiones	Ejemplificación de comentario
<b>Comprensión conceptual</b>	Nombrar, reconocer y describir un concepto. Distinción a través de comparar propiedades. Representación de conceptos matemáticos. Generalización al distinguir propiedades globales, o principio unificador.	<i>“visualizar mejor”, “ahora entiendo mejor lo que significa un vector”.</i>
<b>Aplicación práctica</b>	Aplicación profesional/ Transferencia a contextos técnicos. Transferencia interdisciplinaria/ aplicación en tecnología.	<i>“lo usé en mi clase de cálculo vectorial y funcionó”, “no estoy segura, pero creo que en cualquier ingeniería donde tengas que estructurar datos y analizarlos”.</i>

	Conexión curricular/ transferencia a otras asignaturas. Percepción global de utilidad.	
<b>Motivación</b>	Interés por el contenido Percepción de utilidad Autonomía Participación Percepción de autoeficacia	<i>“me gustó ver cómo se aplican los conceptos en cosas reales”, “me gustó discutir los ejemplos”, “me gustó la relación de vectores e imágenes”.</i>
<b>Sugerencias de mejora</b>	Interactividad Diversidad de ejemplos Accesibilidad	<i>“más ejemplos interactivos”, “más libertad de modificar los ejemplos”, “al principio me costó entender los ejemplos”.</i>

*Nota.* La tabla resume las categorías, dimensiones y comentarios identificados en las entrevistas semiestructuradas. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos evidencian que la implementación de ejemplos digitales tuvo un impacto positivo en el desempeño académico de los estudiantes del grupo experimental, en términos cuantitativos y cualitativos. Las pruebas estadísticas demostraron diferencias significativas entre los grupos, con un efecto educativo relevante, mientras que las entrevistas semiestructuradas permitieron identificar patrones de comprensión conceptual, aplicación práctica, motivación y sugerencias de mejora, lo que aporta información valiosa sobre la percepción de los estudiantes frente a la intervención. Estos hallazgos sugieren que los recursos digitales pueden favorecer la apropiación de conceptos y su transferencia a contextos reales, constituyendo una estrategia efectiva para potenciar el aprendizaje.

## DISCUSIÓN

El propósito de este estudio fue investigar cómo ejemplos desarrollados, diseñados a partir de la Teoría de la Actividad y el modelo ADDIE, pueden favorecer el aprendizaje de estudiantes en Álgebra Lineal que han tenido un acercamiento limitado con la asignatura (Serbin et al., 2020; Harel, 2017) y uso de tecnología educativa (Caglayan, 2018). Los resultados obtenidos permiten evidenciar que la implementación de estos ejemplos digitales contribuye a la comprensión

conceptual, aplicación práctica y motivación de los estudiantes, apoyando su aprendizaje significativo.

El trabajo de Gerónimo-Bautista & Ochoa-Rosas (2025) representa un antecedente regional que muestra la exitosa aplicación de la Teoría de la Actividad en contextos universitarios latinoamericanos. Los resultados indicaron que la comparación de ejemplos desarrollados tuvo una mejora significativa en relación con el grupo de control, lo cual coincide con Anastasakis et al. (2022). Desde una perspectiva cualitativa, el apoyo didáctico se evidenció cuando los estudiantes reconocieron conceptos algebraicos más avanzados que los previamente conocidos y señalaron posibles aplicaciones del Álgebra Lineal en distintos contextos, lo que coincide con lo planteado por Wesenberg et al. (2025).

Los resultados obtenidos, tanto cuantitativos como cualitativos, sugieren que el uso de ejemplos digitales desarrollados como artefactos instruccionales pueden mejorar significativamente la comprensión de conceptos abstractos de Álgebra Lineal, especialmente en contextos de ingeniería, conforme lo menciona Villalba et al. (2025). Esta mejora se refleja en el desempeño académico y la percepción de utilidad de los contenidos. Las implicaciones apuntan a la necesidad de integrar recursos contextualizados y diseñados didácticamente en la enseñanza de disciplinas matemáticas, favoreciendo la transferencia del aprendizaje hacia escenarios profesionales.

Los hallazgos coinciden con investigaciones previas que destacan la dificultad en la comprensión del Álgebra Lineal (Carlson, 1993; Harel, 2017), así como la efectividad de los ejemplos desarrollados para la comprensión (Wesenberg et al., 2025). Este estudio aporta la eficacia de la Teoría de la Actividad como marco para analizar la interacción entre estudiantes, artefactos digitales y contexto, lo que permite una lectura más rica de los procesos de aprendizaje.

A diferencia de enfoques centrados exclusivamente en la cognición individual, este estudio considera el sistema de actividad como unidad de análisis.

Una de las principales limitaciones del estudio radica en el tamaño reducido de la muestra y su concentración en un único contexto educativo, lo que restringe la posibilidad de generalizar los resultados a otros entornos institucionales o poblaciones estudiantiles. Esta característica es común en estudios exploratorios o de intervención piloto, donde el objetivo principal es validar el diseño y observar tendencias más que establecer conclusiones definitivas (Barbieri et al., 2023).

Aunque se aplicaron instrumentos cuantitativos con criterios de validez de contenido, su alcance se vio limitado por la duración acotada de la intervención. En particular, el análisis cualitativo se vio afectado por el calendario académico, ya que los estudiantes entraron en periodo vacacional, lo que restringió la posibilidad de realizar entrevistas de seguimiento. Esta situación pudo haber limitado la profundidad interpretativa de los datos.

La Teoría de la Actividad permitió interpretar los resultados como parte de un sistema dinámico en el que los ejemplos actúan como artefactos mediadores entre el sujeto (estudiante) y objeto (contenido matemático). El modelo ADDIE, por su parte, estructuró el diseño instruccional de los ejemplos, asegurando coherencia entre fases y permitiendo ajustes iterativos. Los datos cuantitativos mostraron una mejora significativa en el grupo experimental, mientras que las respuestas cualitativas evidenciaron procesos de transferencia, apropiación conceptual y motivación, lo que refuerza la validez del enfoque teórico adoptado.

## CONCLUSIONES

A partir de la Teoría de la Actividad, se desarrolló una estructura instruccional basada en un modelo de tres fases, articulado mediante el enfoque ADDIE. Los estudiantes expuestos a este modelo obtuvieron mejores resultados en comparación con aquellos instruidos mediante otros métodos tradicionales, lo que proporciona evidencia sobre el impacto pedagógico de integrar marcos teóricos robustos con diseño instruccional sistemático. El uso de ejemplos desarrollados, en forma digital, complementados con codificaciones en Python, tiene las posibilidades de reducir la carga cognitiva y mejorar la comprensión de conceptos claves de Álgebra Lineal. Esta mediación digital facilitó el acceso a representaciones diversas y promovió la transferencia hacia contextos profesionales de ingeniería.

La aplicación de Teoría de la Actividad permitió que los materiales instruccionales se mantuvieran alineados con los objetivos de aprendizaje, respondieran a las necesidades del alumnado y fueran evaluados de manera sistemática. Aunque la preparación previa de los estudiantes en el manejo de herramientas digitales pudo haber influido en los resultados, el hallazgo central indica que la mediación tecnológica aporta un valor significativo al desarrollo de habilidades matemáticas de alto nivel. Si bien no se descarta la utilidad de los métodos tradicionales, este estudio sugiere que el cuerpo docente debe considerar la efectividad de los enfoques digitales bajo condiciones específicas, como el perfil cognitivo de los estudiantes, su dominio tecnológico y la naturaleza del contenido matemático.

El modelo propuesto tiene potencial de generalización en contextos educativos similares, siempre que se realicen adaptaciones pertinentes a las características institucionales y curriculares. Con ello, plantea la posibilidad de extender esta intervención a otras áreas de matemáticas

universitarias, así como de desarrollar líneas que exploren el impacto de los artefactos digitales en la formación matemática, tanto para entornos virtuales como presenciales.

## AGRADECIMIENTOS

El artículo ha sido posible gracias al apoyo recibido de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), a través del proyecto PAPIME PE101224.

## BIBLIOGRAFÍA

Anastasakis, M., Zakynthinaki, M., Trujillo-González, R., García-Alonso, I. & Petridis, K. (2022).

An activity theory approach in explaining engineering students' difficulties with university mathematics. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 53(6), 1571-1587. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1834156>

Barbieri, C.A., Miller-Cotto, D., Clerjuste, S.N. & Chawla, K. (2023). A Meta-analysis of worked examples effect on mathematics performance. *Educational Psychology Review*, 35(11). <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09745-1>

Bernier, J. & Zandieh, M. (2024). Comparing student strategies in a game-based and pen-and-paper task for linear algebra. *The Journal of Mathematical Behavior*, 73, 1-50. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2023.101105>

Burner, T. & Svendsen, B. (2020). Activity Theory -Lev Vygotsky, Aleksei Leont'ev, Yrjö Engeström. En B. Akpan & T.J. Kennedy (Eds.). *Science Education in Theory and practice. An Introductory Guide to Learning Theory* (pp. 311-322). Springer Texts in Education, Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-43620-9>

Caglayan, G. (2018). Coordinating analytic and visual approaches: Math majors' understanding of orthogonal Hermite polynomials in the inner product space  $P_n \mathbb{R}$  in a technology-assisted

- learning environment. *The Journal of Mathematical Behavior*, 52, 37-60.  
<https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2018.03.006>
- Carlson, D. (1993). Teaching Linear Algebra: Must the Fog Always Roll in? *The College Mathematics Journal*, 24(1), 29-40. <https://doi.org/10.1080/07468342.1993.11973503>
- Castle, S.D. (2023). *Coding for creativity: Exploring the impact of computing enacted through coding on student's mathematical creativity in linear algebra*. [Tesis de doctorado, Michigan State University]. ERIC. <https://www.proquest.com/docview/2838149539>
- Dogan, H. (2018). Differing instructional modalities and cognitive structures: Linear algebra. *Linear Algebra and its Applications*, 542, 464-483.  
<https://doi.org/10.1016/j.laa.2017.07.007>
- Engeström, Y. (2014). Activity Theory and Learning at Work. En U. Deinet & C. Reutlinger, (Eds.). *Tätigkeit - Aneignung - Bildung. Sozialraumforschung und Sozialraumarbeit*, vol 15 (pp. 67-68). Springer VS, Wiesbaden. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-02120-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-658-02120-7_3)
- Fredriksen, H. & Hadjerrouit, S. (2020). An activity theory perspective on contradictions in flipped mathematics classrooms at the university level. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 51(4), 520-541.  
<https://doi.org/10.1080/0020739X.2019.1591533>
- Gerónimo-Bautista, E., & Ochoa-Rosas, E. (2025). La importancia de la Teoría de la Actividad en el contexto educativo universitario. *Estrategias, Metodologías & Didácticas Educativas*, 5(1), 72-83. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10360081>
- Harel, G. (2017). The learning and teaching of linear algebra: Observations and generalizations. *The Journal of Mathematical Behavior*, 46, 69-95.  
<https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2017.02.007>



Nguyen, P.L., Nguyen, P.P.O., Nguyen, P.T., Trang, V.D. & Le, V.M.T. (2022) Activity theory as a framework for teaching mathematics: An experimental study. *Heliyon*, 8(10).

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10789>

Periasamy, J. (2012). *Student's motivations and actions when they learn mathematics using CAS: A study using an activity theory approach*. [Thesis submitted in fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, Wits School of Education, Faculty of Humanities, University of the Witwatersrand]. ETD Collection, Johannesburg.

<https://wiredspace.wits.ac.za/items/81dbc247-d6f3-489b-84cf-98d79e59d25d>

Renkl, A. (2021). The worked example principle in multimedia learning. En R.E. Mayer, & L. Fiorella (Eds.). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (3rd. ed.) (pp. 231-240). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333.023>

Seel, N.M., Lehmann, T., Blumschein, P. & Podolskiy, O.A. (2017). *Instructional Design for Learning. Theoretical Foundations*. Sense Publishers, Rotterdam.

[https://doi.org/10.1007/978-94-6300-941-6\\_3](https://doi.org/10.1007/978-94-6300-941-6_3)

Serbin, K.S., Sánchez, B.J., Truman, J.V., Watson, K.L. & Wawro, M. (2020). Characterizing quantum physics students' conceptual and procedural knowledge of the characteristic equation. *The Journal of Mathematical Behavior*, 58.

<https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2020.100777>

Sweller, J. & Cooper, G.A. (1985). The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition and Instruction*, 2(1), 59-89.

<https://www.jstor.org/stable/3233555>

- Taguchi, Yh. (2020). Introduction to Linear Algebra. En *Unsupervised Feature Extraction Applied to Bioinformatics. Unsupervised and Semi-Supervised Learning*. Springer, Cham.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-030-22456-1\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-22456-1_1)
- Thomas, S. (2012). *An activity theory analysis of linear algebra teaching within university mathematics*. [Doctoral thesis, Loughborough University]. Loughborough.  
<https://hdl.handle.net/2134/9843>
- Treffert-Thomas, S. (2015). Conceptualising a university teaching practice in an activity theory perspective. *NOMAD Nordic Studies in Mathematics Education*, 20(2), 53–77.  
<https://doi.org/10.7146/nomad.v20i2.148679>
- Villalba, C.E., Mocencahua, D. & Sánchez, L.A. (2025). Aplicación del modelo ADDIE para la creación de un centro virtual de aprendizaje en conceptos básicos de electrónica. *Revista Brasileña de Informática Educativa*, 33, 347-370. <https://doi.org/10.5753/rbie.2025.5113>
- Wesenberg, L., Krieglstein, F., Jansen, S., Günter, D.R. & Sascha, S. (2025). Teaching with worked examples- Why the selection of problems for exemplification is critical. *Contemporary Educational Psychology*, 80, 1-17.  
<https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2024.102328>
- Xiangkui, Z. (2024). Activity Theory of Learning. En Z. Kan. (ed.). *The ECPH Encyclopedia of Psychology*. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-97-7874-4\\_1063](https://doi.org/10.1007/978-981-97-7874-4_1063)

## **APKs: Herramientas para el Aprendizaje de Operaciones Aritméticas en Niños de 6 a 12 Años**

*APKs: Tools for Learning Arithmetic Operations in Children Aged 6 to 12*

### **Autores:**

**Lázaro Tió Torriente**  ORCID

Universidad de Matanzas, Cuba

**Niurka Palmarola Gómez**  ORCID

Universidad de Matanzas, Cuba

### **Cómo citar este artículo:**

**American Psychological Association, 7.<sup>a</sup> edición (APA 7):**

Tió Torriente, L. y Palmarola Gómez, N. (2025). APKs: Herramientas para el aprendizaje de operaciones aritméticas en niños de 6 a 12 años. *Boletín Científico Fronteras Tecnológicas*, 1(1), 26-53.

**Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE):**

L. Tió Torriente y N. Palmarola Gómez, “APKs: Herramientas para el aprendizaje de operaciones aritméticas en niños de 6 a 12 años”, *Boletín Científico Fronteras Tecnológicas*, vol. 1, no. 1, 26-53, 2025. [En línea].

## RESUMEN

El proceso de enseñanza-aprendizaje de operaciones aritméticas básicas puede transformarse en una experiencia cognitiva estimulante mediante la integración estratégica de mecanismos lúdico-digitales. La evidencia neurodidáctica contemporánea sustenta que la implementación de juegos interactivos, concebidos bajo principios de diseño universal para el aprendizaje, potencia la retención conceptual en un gran porcentaje respecto a métodos tradicionales, particularmente en niños de 6 a 12 años. En este contexto investigativo, se desarrollaron tres aplicaciones móviles para dispositivos *Android*, utilizando *MIT App Inventor* para su creación. Los juegos constituyen una alternativa didáctica que se convierte en un eje fundamental para fortalecer diversas habilidades matemáticas en los niños. El objetivo de este artículo es analizar las potencialidades educativas de tres APKs orientadas al aprendizaje de las operaciones aritméticas básicas en niños de 6 a 12 Años.

*Palabras claves:* Apk, aprendizaje, juego, matemática, neuroeducación.

## ABSTRACT

The teaching-learning process of basic arithmetic operations can be transformed into a cognitively stimulating experience through the strategic integration of playful digital mechanisms. Contemporary neurodidactic evidence supports that the implementation of interactive games, designed according to universal design principles for learning, enhances conceptual retention by a large percentage compared to traditional methods, particularly in children aged 6 to 12. In this research context, three mobile applications for Android devices were developed using MIT App Inventor. Games are an educational alternative that becomes a fundamental tool for strengthening various mathematical skills in children. The objective of this article is to analyze the educational potential of three APKs aimed at teaching basic arithmetic operations to children aged 6 to 12.

*Keywords:* Apk, learning, game, arithmetic, neuroeducation.

## INTRODUCCIÓN

El juego constituye un elemento neuroeducativo fundamental en la vida escolar infantil, pues actúa como un potenciador del desarrollo integral y un mediador clave para facilitar los procesos de aprendizaje. Por esta razón, su implementación constante resulta indispensable tanto en la mediación pedagógica como en las actividades cotidianas, extendiendo su relevancia a diversos contextos y etapas del proceso educativo. Además, el juego proporciona un marco lúdico para la práctica y fortalecimiento de competencias esenciales, como las matemáticas, permitiendo a los niños aplicarlas en situaciones cotidianas.

La aplicación práctica de las competencias matemáticas funcionales está presente en la mayoría de los aspectos de la vida cotidiana, desde realizar compras y gestionar gastos hasta planificar actividades y calcular trayectos. Las habilidades matemáticas son importantes para la toma de decisiones informadas y la resolución eficaz de problemas diarios. La capacidad de sumar, restar, multiplicar, dividir, medir y enfrentar diversas situaciones matemáticas fortalece la autonomía y confianza en la gestión de las tareas habituales, pues genera una vida más organizada, eficiente y funcional.

Cada vez más, las habilidades numéricas tienen especial relevancia en las diferentes etapas del sistema educativo. El razonamiento lógico-matemático constituye una habilidad básica que permite el manejo de números, operaciones, símbolos y formas de representación aplicables a situaciones cotidianas. Su propósito es proporcionar los conocimientos y procesos intelectuales necesarios para interpretar y producir información significativa, así como para afrontar con eficacia los desafíos presentes en la vida diaria y el ámbito laboral (Albarracín et al., 2020). La adquisición de estas competencias depende de la utilización de estrategias metodológicas que promuevan la motivación y el

interés de los niños, integrando elementos lúdicos y actividades participativas que faciliten la comprensión de los conceptos matemáticos.

Las dificultades en la comprensión de las matemáticas se originan en el desconocimiento de los procesos cognitivos, afectivos y socioculturales. Asimismo, se aplican escasamente estrategias metodológicas que favorezcan el interés y la motivación de los niños hacia el aprendizaje de esta disciplina. Los juegos lógico-matemáticos son recursos didácticos que, a lo largo de la historia, se han diseñado para estimular de manera divertida y participativa el desarrollo de las habilidades matemáticas. Esta relevancia se ve reforzada por el reconocimiento del juego como un derecho fundamental para el desarrollo integral del niño.

El derecho al juego está reconocido en la Declaración de los Derechos del niño, adoptados por la Asamblea de la ONU el 30 de noviembre de 1959 (ONU, 1959). Como afirma Guzmán (1989) citado en Salvador (2007):

(...) el juego y la belleza están en el origen de una gran parte de la matemática. Si los matemáticos de todos los tiempos se la han pasado tan bien jugando y han disfrutado tanto contemplando su juego y su ciencia, ¿por qué no tratar de aprender la matemática a través del juego y de la belleza? (p. 10)

Esta perspectiva permite valorar el juego como una estrategia educativa que integra dimensiones cognitivas, afectivas y culturales, reafirmando su papel como una herramienta útil para el desarrollo integral del estudiante. Además, evidencia que las experiencias lúdicas favorecen la comprensión de conceptos matemáticos, estimulan la creatividad, el pensamiento crítico y la disposición positiva hacia el aprendizaje. Frente a las preocupaciones sobre el uso de la tecnología en niños pequeños, estas experiencias establecen un marco para la aplicación adecuada de recursos digitales, promoviendo el aprendizaje matemático y la interacción social en la infancia.



Aunque el uso de la tecnología en niños pequeños genera ciertas inquietudes, investigaciones recientes presentan diversos enfoques sobre el aprendizaje digital de matemáticas. Varios estudios reconocen que su uso intencional y adecuado en el desarrollo infantil favorece el aprendizaje y las interacciones sociales (Aslan et al., 2024). Otros autores, como Twiningsih et al. (2024), destacan la eficacia de los medios de aprendizaje móvil gamificados. Por su parte, Bang & Flynn (2023), en su proyecto *Math Academy*, identifican los desafíos que implica proporcionar instrucción diferenciada a niños con diversas habilidades mediante recursos digitales adaptativos.

En ese contexto de constantes avances tecnológicos, la necesidad de ofrecer instrucción diferenciada adquiere relevancia, pues los recursos digitales adaptativos permiten atender la diversidad de habilidades presentes en los niños. Clements & Sarama (2004) desarrollaron el proyecto *Building Blocks*, financiado por la *National Science Foundation*, con el objetivo de que los niños pequeños construyan una base matemática sólida. Estos autores reconocen que el diseño curricular y de *software* debe contar con una fundamentación teórica y empírica, que supere la comprensión intuitiva del aprendizaje infantil.

La creciente influencia de las tecnologías digitales en la vida contemporánea evidencia cómo estas herramientas redefinen las formas de acceso al conocimiento y abren nuevas posibilidades para la innovación pedagógica. En este sentido, se destaca el uso exponencial de dispositivos móviles, como *smartphones* y *tablets*. Su uso abarca a distintos grupos de edad, integrándose de manera significativa en la vida de niños y adolescentes.

Cada vez resulta más habitual observar a los niños empleando estas tecnologías como medios de entretenimiento y comunicación. Esta situación motivó a los creadores de los juegos a desarrollarlos para dispositivos móviles, incluyendo *smartphones* y *tablets*

con sistema operativo *Android*, cuyo principal propósito ha sido ofrecer experiencias lúdicas que combinen diversión y aprendizaje. De esta manera, los juegos digitales se presentan como herramientas estratégicas para favorecer el desarrollo de competencias cognitivas y habilidades prácticas desde edades tempranas.

El juego constituye una herramienta importante para el desarrollo de la capacidad intelectual, pues mediante él se pueden generar situaciones con valor educativo y cognitivo que permiten experimentar, investigar, resolver problemas, descubrir y reflexionar. Las implicaciones emocionales, el carácter lúdico, la liberación afectiva y la desinhibición actúan como fuentes de motivación, ofreciendo una aproximación al aprendizaje que difiere de los métodos tradicionales (Huamán y Moreto, 2024). Por estas razones, integrar el juego de manera planificada en contextos educativos contribuye al desarrollo integral de los estudiantes.

En correspondencia con la importancia del juego en el desarrollo integral, los trabajos pioneros de Jean Piaget en la década de 1950 revelaron que la repetición estructurada de patrones y la organización espacial operan como gérmenes del razonamiento numérico en la infancia (Centro de Psicoterapia Cognitiva, 2015). Piaget afirmaba que los niños dan sentido a las cosas a través de sus acciones en su entorno, lo que permite asimilar la realidad e integrarla para revivirla, dominarla, comprenderla y transformarla. El juego forma parte de la asimilación de la realidad, pues proporciona un espacio en el que los niños pueden explorar y construir conocimientos de manera activa, integrando sus capacidades cognitivas, emocionales y sociales.

Esta concepción del juego como un proceso de asimilación de la realidad ha dado lugar a investigaciones recientes, donde se demuestra que su potencial se maximiza cuando las actividades se enmarcan en sistemas lúdicos (Velásquez y Quitian, 2024; Lapo et al., 2025). En este enfoque, los niños no «aprenden números», sino que descubren

reglas mediante la experimentación guiada, donde el error se convierte en un acertijo y cada acierto representa un avance hacia la alfabetización matemática crítica.

El aprendizaje activo en sistemas lúdicos se potencia mediante el uso de materiales que los niños puedan manipular, tocar y mover, lo que facilita la comprensión de los procesos de manera multisensorial. Esta interacción concreta permite que la práctica de los cálculos y la resolución de problemas se perciba como una experiencia lúdica, diferente a la rutina escolar tradicional. Al abordar los conceptos matemáticos de manera relajada y participativa, los niños mejoran su comprensión de los números y reducen la ansiedad asociada con los ejercicios aritméticos.

El enfoque multisensorial y lúdico en la práctica matemática guarda relación con la teoría de Vigotsky (2014) sobre la zona de desarrollo próximo. En este contexto, los niños adquieren y consolidan habilidades con la orientación de padres o compañeros más experimentados, para luego aplicarlas de manera autónoma. Según Vigotsky (2014), los juegos permiten la adquisición de habilidades abstractas fundamentales para la comprensión matemática. Los niños progresan en su aprendizaje mediante la interacción social, incorporando nuevas competencias y consolidando las ya adquiridas, lo que refuerza su desarrollo cognitivo y habilidades sociales.

El aprendizaje de las operaciones aritméticas básicas puede potenciarse mediante actividades constructivas y lúdicas, donde la interacción con padres, compañeros y herramientas de juego constituye un elemento motivador y significativo. Los niños presentan gran capacidad para aprender a través del juego, modificando conductas y adoptando actitudes mediante experiencias dinámicas que integran la diversión con la adquisición de conocimiento matemático.

Estas premisas sustentaron el diseño e implementación de aplicaciones informáticas que incorporan actividades lúdicas, como la resolución de acertijos con

efectos visuales y la obtención de recompensas interactivas, estableciendo un puente entre la creatividad y enseñanza rigurosa de conceptos numéricos. De este modo, se demuestra que es posible ofrecer estrategias educativas que integren motivación, participación activa y desarrollo de competencias cognitivas, favoreciendo un aprendizaje significativo de los cálculos matemáticos.

El objetivo del presente estudio es desarrollar tres aplicaciones *Android* para *smartphones* y *tablets* centradas en juegos matemáticos interactivos, destinadas a que los niños de 6 a 12 años interioricen las operaciones aritméticas básicas como herramientas activas, dominadas a través de la curiosidad y recompensa lúdica. Se busca aportar un recurso educativo innovador que integre el aprendizaje significativo con la motivación y el disfrute propios de la experiencia lúdica, fortaleciendo el desarrollo integral del estudiante.

## METODOLOGÍA

Las aplicaciones fueron desarrolladas mediante *MIT App Inventor*, una plataforma educativa de desarrollo *low-code* que permite crear herramientas pedagógicas interactivas, juegos didácticos y sistemas básicos para *IoT*. Diseñadas para dispositivos *Android*, estas aplicaciones ofrecen compatibilidad con español y portugués, priorizando un diseño ergonómico centrado en la usabilidad infantil: interfaces minimalistas con paletas de colores armónicas, iconografía de alto contraste y asistencia de voz integrada.

Cada aplicación integra niveles progresivos adaptativos ajustables según la edad o el ritmo de aprendizaje, así como desafíos cronometrados diseñados para estimular la agilidad numérica. Además, incorpora un entorno gamificado con recompensas virtuales coleccionables de fauna silvestre, que fortalecen la motivación intrínseca y la autoeficacia matemática.

Se definió como propósito transformar las operaciones básicas —suma, resta, multiplicación y división— en desafíos atractivos para niños de 6 a 12 años, mediante el diseño de una experiencia que integra fundamentos pedagógicos con dinámicas lúdicas. Para ello, se empleó la App Inventor, como se había descrito anteriormente, a partir de la cual se configuró una interfaz intuitiva con botones de gran tamaño, etiquetas que presentan problemas como “ $7 + 3$ ” y un lienzo donde un personaje celebra cada respuesta correcta, reforzando así la motivación y participación activa del niño.

En la trastienda de los bloques de programación se estructuró la lógica que sostiene la dinámica de cada juego: números aleatorios que generan preguntas infinitas, respuestas que al ser correctas despliegan animales fugaces en la pantalla y sonidos de triunfo que refuerzan cada logro. Esta combinación de elementos dinamiza la experiencia, fortalece la motivación, incrementa la atención sostenida y consolida el aprendizaje mediante refuerzos inmediatos y significativos.

Para las pruebas de usabilidad se reclutó una muestra intencional de 23 niños, comprendida por dos subgrupos culturales: 13 de nacionalidad angolana (con edades de ocho, diez y doce años) y 10 de nacionalidad cubana (de seis y ocho años), todos con consentimiento parental informado. Este tamaño muestral se considera adecuado para estudios de usabilidad formativa, dado que la saturación en la detección de problemas de diseño prioritarios suele alcanzarse alrededor de 20 participantes (Nielsen, 2000). La inclusión de dos contextos culturales permitió evaluar la adaptabilidad transcultural de la interfaz.

Las pruebas se desarrollaron en un entorno informal y lúdico, diseñado específicamente para que los participantes se sintieran en confianza y no percibieran la actividad como una evaluación. Las condiciones metodológicas se caracterizaron por: (a) un ambiente familiar y libre de distracciones, (b) instrucciones simplificadas

acompañadas de demostraciones prácticas, y (c) un tiempo de interacción limitado según la edad y atención de cada niño.

Un facilitador realizó consultas de forma directa y conversacional durante la interacción, mientras se registraban indicadores conductuales clave (risas, gestos de concentración, manifestaciones de motivación). La recolección de datos se realizó mediante observación directa estructurada y preguntas abiertas adaptadas al nivel cognitivo de los niños.

El principal instrumento fue un protocolo de observación estructurada que registraba las interacciones con la interfaz y las reacciones emocionales. Complementariamente, se utilizó un guión de preguntas abiertas para explorar la comprensión de la navegación, la claridad de las instrucciones y el atractivo de los elementos lúdicos, como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Guión de preguntas abiertas para la evaluación de usabilidad y experiencia lúdica*

Categoría	Pregunta abierta
Interfaz y usabilidad básica	¿Entiendes cómo ingresar tus respuestas?
Atractivo y motivación	¿Te divierten los efectos de sonido?
Claridad del sistema de retroalimentación	¿Te parece claro el sistema de recompensas?
Autonomía y adaptabilidad	¿Pueden cambiar el nivel de complejidad con facilidad? ¿Entiendes cómo ingresar respuestas? ¿Les divierten los efectos de sonido? ¿Es claro el sistema de recompensas? ¿Puedes cambiar el nivel de complejidad con facilidad?

*Nota.* Las preguntas de la tabla fueron elaboradas para evaluar cualitativamente la usabilidad, claridad y motivación percibida por los usuarios durante la interacción con las aplicaciones. Fuente: Elaboración propia.

Para finalizar, se corrigieron errores y se verificó la precisión de las operaciones matemáticas, evitando divisiones con decimales y seleccionando imágenes familiares

para los niños. Estas acciones garantizaron que las aplicaciones fueran claras, accesibles y adecuadas desde el punto de vista pedagógico, asegurando la validez y confiabilidad del diseño implementado.

La metodología aplicada combinó el desarrollo técnico de las aplicaciones con la evaluación formativa centrada en la experiencia del usuario infantil, asegurando que cada componente fuera validado en contextos reales de interacción. La integración de procedimientos de observación estructurada, guías de preguntas abiertas, así como un entorno lúdico y seguro permitió obtener información confiable sobre la usabilidad, comprensión y atractivo de las aplicaciones, garantizando que los resultados reflejaran tanto la eficacia pedagógica como la adecuación cultural y cognitiva de las herramientas diseñadas.

## RESULTADOS

Las pruebas de usabilidad confirmaron que las aplicaciones lograron equilibrar desafío y diversión en la audiencia infantil. Los niños demostraron autonomía para navegar entre niveles, resolver operaciones bajo presión de tiempo y personalizar sus recompensas (colección de fauna), reforzando la teoría de Velásquez y Quitian (2024) sobre la motivación intrínseca mediante los estímulos multisensoriales. Un 85% de los participantes solicitó seguir usando los juegos tras la prueba, lo que destacó su potencial como herramienta de aprendizaje sostenible.

Uno de los ejemplos representativos del equilibrio entre reto, motivación y autonomía es el juego *Cálculo Mental*, el cual transforma la operación aritmética suma en desafíos cronometrados con recompensas progresivas. Su pantalla inicial presenta cuatro módulos funcionales que organizan de manera intuitiva las opciones de navegación y constituyen el punto de partida para la interacción del usuario. Véase: Figura 1.



**Figura 1**

*Pantalla inicial del juego Cálculo Mental*



*Nota.* La figura muestra la distribución de los cuatro módulos funcionales que estructuran la navegación y permiten iniciar las distintas dinámicas del juego. Fuente: Elaboración propia.

A partir de la organización funcional presentada en la pantalla inicial, resulta pertinente describir los componentes que posibilitan la personalización y el control de la experiencia interactiva. La aplicación incorpora cuatro módulos que permiten ajustar parámetros clave del desafío matemático, garantizando que cada niño acceda a un nivel de complejidad adecuado a su ritmo y estilo de aprendizaje.

1. **Configuração (Configuración):** permite al usuario personalizar los parámetros numéricos que determinarán la dificultad de las operaciones presentadas durante el juego. A través de esta sección, el niño —o el facilitador— puede seleccionar el rango de números con el cual desea trabajar, ajustándolo a su nivel de dominio aritmético. Esta posibilidad de configuración favorece la progresión gradual del aprendizaje, pues permite que los ejercicios aumenten en dificultad mientras el

usuario desarrolla mayor agilidad mental. De este modo, la aplicación garantiza una experiencia adaptativa que responde a las necesidades individuales y los aprendizajes pedagógicos planteados.

2. ***Ir ao Jogo (Ir al Juego)***: botón de acción primaria que inicia la experiencia interactiva, donde el usuario define el tiempo límite para resolver operaciones matemáticas (rango: 30-180 segundos), activando posteriormente el inicio de la actividad mediante el botón principal (Comenzar). La interfaz gamificada presenta las siguientes fases dinámicas:

- **Ejecución del desafío**

- Un sistema aleatorio genera operaciones aritméticas sumas, adaptadas al nivel preconfigurado.
- El niño introduce el resultado en un campo de entrada numérico con validación automática (correcto / incorrecto), recibiendo feedback auditivo ante cada acierto o desacierto.
- Las operaciones avanzan secuencialmente sin pausas hasta agotar el tiempo establecido.

- **Resultados en tiempo real**

- Una alerta muestra métricas cuantitativas actualizadas:

● **Correctas**: Número de respuestas válidas.

● **Incorrectas**: Intentos fallidos.

El módulo *Ir ao Jogo (Ir al Juego)* culmina presentando al usuario un balance inmediato de su desempeño, lo que permite consolidar el proceso de retroalimentación inherente a la dinámica gamificada. La combinación de desafíos generados

aleatoriamente, validación automática de respuestas y métricas visibles en tiempo real favorece un aprendizaje activo, sostenido y autorregulable.

**3. Ajuda (Ayuda):** proporciona un tutorial completo que explica las reglas y dinámicas del juego, orientando al usuario sobre cómo interactuar con la interfaz y resolver los desafíos aritméticos. Incluye indicaciones paso a paso, ejemplos ilustrativos y recomendaciones sobre el uso de los botones y campos de entrada, garantizando que los niños comprendan plenamente las funcionalidades antes de iniciar la actividad. Esta sección busca promover la autonomía y confianza del usuario infantil, facilitando un aprendizaje guiado que reduce la frustración y optimiza la experiencia lúdica desde los primeros intentos.

**4. Saida (Salida):** permite al usuario cerrar de manera segura y ordenada la aplicación, asegurando que cualquier progreso registrado durante la sesión se guarde correctamente. Este módulo proporciona indicaciones para finalizar la experiencia de manera controlada, evitando pérdidas de datos o reinicios accidentales.

Los cuatro módulos del juego *Cálculo Mental* conforman una experiencia interactiva que equilibra desafío, motivación y autonomía. La combinación de personalización de parámetros, ejecución dinámica de operaciones aritméticas, tutoriales orientativos y un cierre seguro de la aplicación garantiza que los niños puedan aprender de manera progresiva, activa y autorregulada, fortaleciendo tanto sus habilidades matemáticas como su confianza y participación en el entorno lúdico. Este diseño integral evidencia cómo la integración de estrategias pedagógicas con dinámicas de juego puede optimizar la enseñanza de las operaciones básicas, ofreciendo una experiencia educativa atractiva y sostenible.

El juego *Escondite Matemático* ha sido diseñado como una plataforma interactiva que combina aprendizaje y diversión, enfocada en fortalecer las competencias en suma, resta, multiplicación y división. Su estructura modular permite organizar las actividades de manera intuitiva y progresiva, ofreciendo a los usuarios un entorno gamificado que integra desafíos, recompensas y elementos temáticos inspirados en la fauna angoleña. La pantalla principal presenta los módulos funcionales que facilitan la navegación y constituyen el punto de partida para la exploración de las diferentes dinámicas de aprendizaje. Véase: Figura 2.

**Figura 2**

*Pantalla principal del juego Escondite Matemático*



*Nota.* La figura muestra la disposición de los módulos que organizan las actividades del juego. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describen los módulos que conforman la interfaz del juego *Escondite Matemático*, los cuales organizan de manera clara y coherente las distintas actividades aritméticas y funcionalidades disponibles. Cada módulo está diseñado para guiar al usuario en la interacción progresiva con los desafíos, fomentando la práctica

sistemática, la motivación sostenida y el desarrollo de habilidades matemáticas de forma lúdica y significativa.

1. **Configuração (Configuración):** permite al usuario establecer los rangos numéricos con los cuales se desarrollarán las operaciones aritméticas durante el juego, siguiendo la lógica de personalización heredada del juego Cálculo Mental. La funcionalidad facilita la adaptación del nivel de dificultad a las capacidades individuales del niño, permitiendo un aprendizaje progresivo y ajustado a su ritmo.
2. **Soma (Suma):** este módulo está diseñado para que los niños resuelvan ecuaciones de suma mediante la combinación de la resolución de operaciones matemáticas con un contexto visual y temático. El refuerzo pedagógico integrado permite que los niños relacionen los cálculos con elementos del entorno ecológico, favoreciendo la comprensión contextualizada y el aprendizaje significativo mientras desarrollan habilidades de observación, concentración y razonamiento numérico.
3. **Subtracção (Sustracción):** invita a los niños a resolver operaciones de sustracción con el objetivo de identificar a los personajes que portan resultados correctos en sus camisetas. La inclusión de personajes antropomórficos añade un componente de innovación en la experiencia de usuario, lo cual facilita la conexión empática y aumenta la motivación para participar activamente en la actividad. La combinación del aprendizaje matemático con interacciones lúdicas y visuales, permite la comprensión de las operaciones, la atención sostenida y el desarrollo de habilidades sociales y cognitivas de manera integrada.
4. **Multiplacação (Multiplicación):** propone a los niños resolver operaciones de multiplicación mediante la selección de estantes numéricos, generando un

refuerzo visual y lúdico que mantiene la atención del usuario. Su diseño adaptativo permite que la cantidad de opciones se ajusten según el nivel de dificultad previamente configurado, lo cual garantiza una progresión gradual del aprendizaje.

**5. *Divisão* (División):** este módulo permite a los niños resolver operaciones de división con retroalimentación inmediata mediante sonidos ambientales de selva cuando la respuesta es correcta. La variabilidad de escenarios mantiene el interés y evita la monotonía, promoviendo un aprendizaje activo y motivador. Un panel flotante muestra métricas en tiempo real de aciertos y errores, lo que refuerza la autorregulación, atención sostenida y comprensión progresiva de las operaciones aritméticas.

**6. *Saída* (Salida):** permite al usuario finalizar la experiencia de manera segura y ordenada, asegurando que cualquier progreso registrado durante la sesión se conserve correctamente. Además, proporciona indicaciones claras para cerrar la aplicación, previene cierres accidentales o pérdida de datos y garantiza una transición controlada que mantiene la integridad de la experiencia lúdica y educativa.

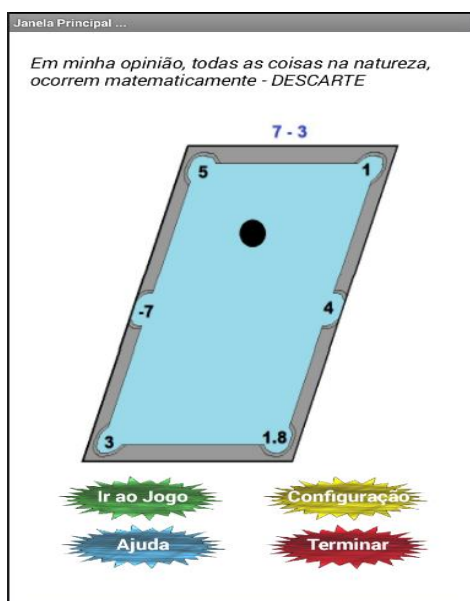
Los módulos del juego *Escondite Matemático* configuran una experiencia interactiva integral que combina la práctica sistemática de las operaciones aritméticas con elementos lúdicos, visuales y contextuales. Cada componente contribuye al desarrollo progresivo de habilidades matemáticas, fomenta la motivación intrínseca y permite al usuario avanzar de manera estructurada, promoviendo un aprendizaje significativo, autónomo y entretenido dentro de un entorno seguro y adaptativo.

Por último, el juego *Billar Matemático* se presenta como un simulador didáctico que combina la práctica de operaciones aritméticas básicas con el desarrollo de

habilidades físico-motoras mediante interacción giroscópica. La arquitectura del sistema, mostrada en la Figura 3, organiza de manera clara los módulos interactivos, ofreciendo al usuario desafíos progresivos que integran cálculo, orientación espacial y respuesta motora dentro de un entorno lúdico y motivador.

**Figura 3**

*Pantalla principal del juego Billar Matemático*



*Nota.* La figura muestra la disposición de los elementos interactivos del juego que permiten personalizar la experiencia lúdico-matemática. Fuente: Elaboración propia.

Los módulos del juego *Billar Matemático* han sido diseñados para estructurar la experiencia de manera clara y progresiva, integrando elementos de aprendizaje aritmético y habilidades físico-motoras. Cada módulo organiza funcionalidades específicas, permitiendo al usuario interactuar con la dinámica del juego, personalizar parámetros y recibir retroalimentación multimodal que refuerza la comprensión matemática y coordinación motriz.

### 1. *Ir ao Jogo* (Ir al Juego)

Este módulo constituye el núcleo interactivo del juego, integrando la resolución de operaciones aritméticas con la simulación cinemática del billar. La experiencia se



desarrolla en un entorno parametrizado, consistente en una mesa de billar con seis agujeros numerados, cuya geometría se ajusta según el nivel de dificultad configurado.

El módulo incorpora un sistema de retroalimentación multimodal que refuerza la interacción y el aprendizaje. Visualmente, se muestran animaciones de la trayectoria parabólica y la representación simplificada de las ecuaciones cinemáticas; se percibe vibración al impactar las bandas laterales; y auditivamente, se reproducen sonidos al acertar o chillidos al fallar, manteniendo la continuidad lúdica con los estímulos presentes en el juego *Escondite Matemático*. Esta combinación de elementos potencia la atención, motivación y comprensión práctica de las operaciones aritméticas en un contexto interactivo y gamificado.

## **2. Configuração (Configuración): Panel avanzado**

Este módulo permite al usuario ajustar los parámetros clave que determinan la complejidad y dinámica de la experiencia interactiva. Los parámetros personalizables incluyen la selección de operaciones aritméticas (suma, resta, multiplicación y división), el rango numérico de los cálculos —clasificado en bajo, medio y alto según la dificultad— y la velocidad de la bola, que influye en el coeficiente de fricción virtual durante el juego. Estas configuraciones proporcionan un control preciso sobre la experiencia de aprendizaje, adaptando los desafíos a las capacidades individuales del niño y facilitando la progresión gradual de las habilidades aritméticas en un entorno gamificado.

**Tabla 2**

*Parámetros personalizables del módulo Configuração y su efecto en la dinámica del juego*

Variable	Rango	Efecto en gameplay
<b>Operaciones</b>	$+, -, \times, \div$	Determina ecuaciones generadas
<b>Números</b>	1-50 (bajo), 1-100 (medio), $>200$ (alto)	Complejidad aritmética
<b>Velocidad de la bola</b>	$0.5x-2x$	Afecta coeficiente de fricción virtual

*Nota.* La tabla detalla los parámetros que el usuario puede ajustar para personalizar la experiencia del juego *Billar Matemático*. Fuente: Elaboración propia.

**3. Ayuda (Ayuda):** proporciona un tutorial completo que orienta al usuario sobre el funcionamiento del juego, detallando cada elemento de la interfaz y las acciones necesarias para participar en los desafíos aritméticos. Incluye instrucciones claras sobre cómo seleccionar las operaciones, manipular el dispositivo mediante el giroscopio para dirigir la bola hacia el resultado correcto y comprender el sistema de retroalimentación multimodal.

**4. Terminar:** permite al usuario finalizar la experiencia de manera segura y controlada para garantizar que cualquier progreso registrado durante la sesión se conserve correctamente. Ofrece indicaciones claras para cerrar la aplicación, evitando cierres accidentales o pérdida de datos, y asegura una transición ordenada que preserva la integridad de la experiencia lúdica y educativa.

Los tres juegos constituyen un entorno educativo interactivo que integra desafío, motivación y autonomía para favorecer el desarrollo de habilidades aritméticas. La combinación de personalización de parámetros, retroalimentación inmediata, estructura modular y elementos lúdicos contextuales permitió experiencias de aprendizaje significativas, sostenibles y autorreguladas. Estos resultados confirman que la integración

de estrategias pedagógicas con dinámicas de juego constituye un enfoque efectivo y motivador para potenciar el aprendizaje matemático en la infancia.

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian que las aplicaciones lúdico-digitales desarrolladas fortalecen el aprendizaje de las operaciones aritméticas básicas en niños de edad escolar. Este hallazgo se relaciona con los planteamientos de Rhenals-Ramos (2022), quien reconoce el juego digital como un medio neuroeducativo capaz de activar procesos cognitivos de alto nivel mediante tareas que estimulan la atención, la memoria operativa y la toma de decisiones. En el caso de las aplicaciones analizadas, los escenarios inmersivos, la interacción multisensorial y la autonomía progresiva ofrecida al estudiante se configuran como elementos que favorecen una mayor implicación en la actividad matemática y consolidan una actitud positiva hacia los desafíos numéricos.

La evidencia recopilada se relaciona con estudios que destacan la capacidad de la gamificación para reducir barreras afectivas vinculadas a la ansiedad matemática. Velásquez y Quitian (2024) explican que los entornos digitales adaptativos y accesibles incrementan la confianza del niño frente a la resolución de problemas y permiten que el error funcione como un mecanismo de retroalimentación constructiva. Las aplicaciones evaluadas coinciden con este enfoque, ya que incorporan sistemas de retroalimentación inmediata, niveles escalonados de dificultad y estímulos visuales o auditivos que refuerzan las respuestas correctas. Estos elementos contribuyen a un entorno emocionalmente seguro y estimulan el aprendizaje basado en la experimentación.

Los hallazgos de la investigación abren nuevas perspectivas sobre el papel de los dispositivos móviles como instrumentos para el entrenamiento de habilidades motrices finas y coordinación viso-espacial, aspectos tradicionalmente relegados en el estudio del aprendizaje matemático. El simulador tipo “billar matemático”, por ejemplo, introduce

un componente cinemático que exige el control preciso del ángulo y la velocidad del dispositivo para seleccionar el resultado adecuado. Esta integración de habilidades físico-motoras con procesos de cálculo mental respalda enfoques pedagógicos que conciben el aprendizaje como una experiencia multisistémica, en la cual intervienen simultáneamente la cognición, la percepción y el movimiento (Zamora, 2025; Begnini, 2024).

Los planteamientos de Zamora (2025) y Begnini (2024) ofrecen un marco interpretativo que refuerza la naturaleza inclusiva y multisistémica de las aplicaciones desarrolladas. Desde la perspectiva del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), Zamora (2025) destaca la importancia de proporcionar múltiples formas de representación, acción y participación, principios que se reflejan en la capacidad de los juegos para ajustar niveles de dificultad, diversificar las vías de interacción y ofrecer retroalimentación multimodal accesible. Begnini (2024) demuestra que la estimulación multisensorial favorece la comprensión de conceptos abstractos mediante la integración simultánea de canales perceptivos, lo cual se evidencia en la combinación de estímulos visuales, auditivos y motores incorporados en los juegos evaluados. Estos enfoques teóricos consolidan la idea de que el aprendizaje matemático se potencia cuando la experiencia digital trasciende la mera resolución de operaciones y se configura como un entorno inclusivo, perceptivamente rico y cognitivamente integrado.

A pesar de sus ventajas, es importante reconocer las limitaciones de este enfoque. En primer lugar, la plataforma *MIT App Inventor*, aunque accesible y adecuada para prototipado rápido, impone restricciones técnicas que pueden afectar la escalabilidad y sofisticación de las aplicaciones. Por ejemplo, no permite el desarrollo de gráficos 3D complejos ni la integración nativa de inteligencia artificial, lo que limitaría futuras mejoras orientadas a personalización adaptativa o entornos inmersivos. Además, el estudio se basó en una muestra reducida y no aleatoria de 23 niños, por lo que los

resultados de usabilidad, aunque alentadores, no son generalizables sin validación en contextos más amplios y diversos. La dependencia de dispositivos *Android* y la necesidad de supervisión adulta para garantizar un uso equilibrado y seguro representan desafíos prácticos para su implementación masiva en entornos escolares o familiares.

La implementación de estas *APKs* en contextos educativos formales e informales presenta implicaciones significativas. En primer lugar, democratiza el acceso a recursos pedagógicos modernos, especialmente en entornos con limitaciones tecnológicas o económicas, pues aprovecha herramientas de desarrollo *low-code* y gratuitas como *MIT App Inventor*. Además, transforma la enseñanza de las matemáticas de un proceso abstracto y estático en una experiencia interactiva y motivadora, donde el error se convierte en parte del aprendizaje y no en un factor de frustración. Esto facilita la adquisición de competencias aritméticas básicas, y fomenta habilidades transversales como la resolución de problemas, la toma de decisiones y la perseverancia.

## CONCLUSIONES

El desarrollo y evaluación de las tres aplicaciones móviles confirman que la integración estratégica de mecanismos lúdico-digitales constituye una herramienta pedagógica eficaz y motivadora para el aprendizaje de las operaciones aritméticas básicas en niños de 6 a 12 años. En primer lugar, los resultados demuestran que estas herramientas transforman el proceso de enseñanza-aprendizaje, pues convierten la práctica matemática en una experiencia interactiva, desafiante y gratificante.

El diseño basado en principios de neuroeducación y diseño universal para el aprendizaje con interfaces intuitivas, retroalimentación multisensorial y sistemas de recompensas gamificadas, promovió una actitud positiva hacia las matemáticas, reduciendo la ansiedad asociada a su aprendizaje. El 85% mostró interés en continuar

usando las aplicaciones, lo cual denota una alta aceptación por parte de los participantes que refuerza el potencial de estas *APKs* como recursos educativos sostenibles y atractivos.

En segundo lugar, el uso de *MIT App Inventor* como plataforma de desarrollo *Low-Code* evidenció ser una alternativa viable y accesible para crear recursos educativos en contextos con infraestructura tecnológica limitada o políticas de soberanía digital. Esto permite que docentes, investigadores y estudiantes puedan prototipar, adaptar y localizar herramientas similares sin incurrir en costos elevados o depender de software comercial, alineándose con estrategias educativas inclusivas y contextualizadas. La implementación de estas aplicaciones en entornos escolares y familiares puede servir como puente entre el currículo formal y el aprendizaje significativo, fomentando la autonomía, la curiosidad y la competencia matemática desde edades tempranas.

Las *APKs* desarrolladas constituyen una propuesta pedagógica innovadora que posiciona al juego digital como un eje estratégico para el desarrollo de habilidades matemáticas, cognitivas y motivacionales en la infancia. Se recomienda ampliar futuras investigaciones con muestras más grandes en otros contextos socioculturales y explorar la integración de funcionalidades avanzadas, como sistemas de adaptabilidad basados en inteligencia artificial o entornos tridimensionales inmersivos, que podrían fortalecer aún más el impacto formativo de estas herramientas.

## AGRADECIMIENTOS

Se expresa un especial agradecimiento al Quintal de Antunes Angola por la disposición de sus instalaciones durante el período de aislamiento por COVID-19, lo que permitió efectuar las pruebas de las aplicaciones (*APKs*) en un entorno seguro y controlado. Se reconoce la valiosa participación de las familias angolanas y cubanas, así como el compromiso de los facilitadores responsables de implementar el protocolo de evaluación con los niños en ambos contextos culturales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Albarracín, C.Z., Hernández, C.A. y Rojas, J.P. (2020). Objeto virtual de aprendizaje para desarrollar las habilidades numéricas: una experiencia con estudiantes de educación básica. *Revista Panorama*, 14(1), 111-133.  
<https://doi.org/10.15765/pnrm.v14i26.1486>
- Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU). (20 de noviembre de 1959). *Declaración de los Derechos del niño, adoptados por la Asamblea de la ONU el 30 de noviembre de 1959*.  
[https://www.observatoriodelainfancia.es/ficherosoia/documentos/33\\_d\\_declaracionderechosnino.pdf](https://www.observatoriodelainfancia.es/ficherosoia/documentos/33_d_declaracionderechosnino.pdf)
- Aslan, S., Durham, L.M., Alyuz, N., Chierichetti, R., Denman, P.A., Okur, E., Gonzalez, D.I., Zamora, J.C., Cordourier, H.A., Sharma, S., Raffa, G., Mayer, R.E. & Nachman, L. (2023). What is the impact of a multi-modal pedagogical conversational AI system on parents' concerns about technology use by young children? *British Journal of Educational Technology*, 55(4), 1-26.  
<https://doi.org/10.1111/bjet.13399>
- Bang, H.J., Li, L., & Flynn, K. (2023). Efficacy of an adaptive game-based math learning app to support personalized learning and improve early elementary school students' learning. *Early Childhood Education Journal*, 51, 717-732.  
<https://doi.org/10.1007/s10643-022-01332-3>
- Begnini, L.F. (2024). Impacto del aprendizaje multisensorial en la comprensión de conceptos abstractos. *Ethos Scientific Journal*, 2(1), 59-66.  
<https://doi.org/10.63380/esj.v2n1.2024.50>
- Centro de Psicoterapia Cognitiva. (2015). Teoría del desarrollo cognitivo de Piaget. México: Centro de Psicoterapia Cognitiva. Archivo Digital. <https://www.terapia->



[cognitiva.mx/wp-content/uploads/2015/11/Teoria-Del-Desarrollo-Cognitivo-de-Piaget.pdf](https://cognitiva.mx/wp-content/uploads/2015/11/Teoria-Del-Desarrollo-Cognitivo-de-Piaget.pdf)

Clements, D.H., & Sarama, J. (2004). Learning Trajectories in Mathematics Education. *Mathematical Thinking and Learning*, 6(2), 81–89.  
[https://doi.org/10.1207/s15327833mtl0602\\_1](https://doi.org/10.1207/s15327833mtl0602_1)

Huamán, M.Y., y Moreto, M.C. (2024). *Actividades Lúdicas para fortalecer las Habilidades Sociomotrices en niños de 5 años, Institución Educativa Inicial N° 16465, La Mora Grande, 2022* [Tesis para optar por el Título de Licenciatura en Educación, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Archivo Digital.  
<https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/13092?show=full>

Lapo, J., Arteaga, J., Lanche, M., y Suárez, M. (2025). El Poder del Juego en el Aprendizaje Infantil: Actividades Lúdicas que Potencian el Desarrollo Cognitivo y Social. *Reincisol*, 4(7), 1007-1030.  
[https://doi.org/10.59282/reincisol.V4\(7\)1007-1030](https://doi.org/10.59282/reincisol.V4(7)1007-1030)

Nielsen, J. (2000). Why You Only Need to Test with 5 Users.  
<https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>

Rhenals-Ramos, J.C. (2022). El juego como elemento neuroeducativo. Un análisis desde la reflexión y el desarrollo de habilidades. *Lúdica pedagógica*, 1(35), 54-60.  
<https://doi.org/10.17227/ludica.num35-14551>

Salvador, A. (2007). *El juego como recurso didáctico en el aula de Matemáticas*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.  
<https://www2.caminos.upm.es/departamentos/matematicas/grupomaic/conferencias/12.juego.pdf>

Twiningsih, A., Gunarhadi, G., & Musadad, A. (2024). Empowering Gamification-Based Mobile Learning Media to Improve Mathematics Learning Outcomes for

Dyscalculia Students. *Journal of Education, Teaching and Learning*, 9(1), 66-73.

<https://www.learntechlib.org/p/224757/>

Velásquez, A.S. y Quitian, J.L. (2024). *Informe de pasantía matemática para el futuro*

[Tesis de licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Matemáticas,

Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. RIUD: repositorio U. Distrital.

[https://redcol.minciencias.gov.co/Record/UDISTRITA2\\_ac54ede1dc5e90640a957c2c8c4e19e4](https://redcol.minciencias.gov.co/Record/UDISTRITA2_ac54ede1dc5e90640a957c2c8c4e19e4)

Vigotsky, L.S. (2014). *Pensamiento y lenguaje* (3ª ed.). Editorial Pueblo y Educación.

[https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=CGM0EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=Lev+Vygotsky+Pensamiento+y+lenguaje&ots=Hca6o\\_FF1a&sig=Tw40V92ICQU7tGZ4bl9lDxQZcV8](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=CGM0EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=Lev+Vygotsky+Pensamiento+y+lenguaje&ots=Hca6o_FF1a&sig=Tw40V92ICQU7tGZ4bl9lDxQZcV8)

Zamora, M.G. (2025). El impacto del aprendizaje multisensorial en el desarrollo del

lenguaje en la educación inicial. *Revista Científica Internacional Arandu UTIC*,

12(2), 191-209. <https://doi.org/10.69639/arandu.v12i2.900>

## **Programa Educativo Virtual para el Fortalecimiento de Competencias Digitales en Estudiantes Universitarios**

*Virtual Educational Program for Strengthening Digital Skills in University Students*

**Autor:** Julio César Calderón Pérez  ORCID

Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), Bolivia

### **Cómo citar este artículo:**

**American Psychological Association, 7.<sup>a</sup> edición (APA 7):**

Calderón Pérez, J.C. (2025). Programa educativo virtual para el fortalecimiento de competencias digitales en estudiantes universitarios. *Boletín Científico Fronteras Tecnológicas*, 1(1), 54-74.

**Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE):**

J.C. Calderón Pérez, “Programa educativo virtual para el fortalecimiento de competencias digitales en estudiantes universitarios”, *Boletín Científico Fronteras Tecnológicas*, vol. 1, no. 1, 54-74, 2025. [En línea].

## RESUMEN

El estudio propone un programa educativo virtual orientado a fortalecer las competencias digitales de los estudiantes de primer año de la carrera de Ciencias Políticas en la Universidad Amazónica de Pando, gestión 2024. Se desarrolló bajo un enfoque mixto con un diseño explicativo secuencial (DEXPLIS), se aplicaron encuestas a estudiantes y entrevistas a docentes para obtener datos cuantitativos y cualitativos. Los resultados evidencian bajos niveles de alfabetización digital, limitaciones en la creación de contenido, escasa aplicación de medidas de seguridad informática y dificultades en la resolución de problemas tecnológicos. A partir de este diagnóstico, se diseñó un programa e-learning estructurado en cinco áreas modulares: alfabetización e información, comunicación y colaboración, creación de contenido, seguridad digital y resolución de problemas. El plan contempla 250 horas académicas distribuidas en actividades sincrónicas y asincrónicas, con una metodología experiencial y evaluaciones basadas en rúbricas. La propuesta responde a las tendencias de transformación digital en la educación superior, constituyéndose en una alternativa integral para reducir brechas digitales y fortalecer el perfil profesional de los estudiantes en el marco de la sociedad del conocimiento.

*Palabras clave:* competencias digitales, educación virtual, e-learning, transformación digital, educación superior.

## ABSTRACT

The study proposes a virtual educational program aimed at strengthening the digital skills of first-year Political Science students at the Amazonian University of Pando, academic year 2024. It was developed using a mixed approach with a sequential explanatory design (DEXPLIS), surveys were conducted with students and interviews with teachers to obtain quantitative and qualitative data. The results show low levels of digital literacy, limitations in content creation, poor application of IT security measures, and difficulties in solving technological problems. Based on this diagnosis, an e-learning program was designed, structured in five modular areas: literacy and information, communication and collaboration, content creation, digital security, and problem solving. The plan includes 250 academic hours distributed across synchronous and asynchronous activities, with an experiential methodology and rubric-based assessments. The proposal responds to trends in digital transformation in higher education, constituting a comprehensive alternative for reducing digital divides and strengthening students' professional profiles within the framework of the knowledge society.

*Keywords:* digital competences, virtual education, e-learning, digital transformation, higher education.

## INTRODUCCIÓN

La acelerada evolución tecnológica y sus repercusiones en los comportamientos sociales, han puesto de manifiesto una brecha entre las demandas del mundo laboral y la oferta formativa en diversos sistemas educativos. En la actualidad, las instituciones públicas y privadas requieren competencias transversales que respondan a las peculiaridades de los espacios laborales, tanto presenciales como virtuales. En este escenario, la globalización de la información y la creciente interconexión entre personas y organizaciones configuran un entorno que demanda capacidades relacionadas con la alfabetización digital, la comunicación y colaboración en línea, la creación y gestión de contenidos, la seguridad informática y resolución de problemas tecnológicos.

Estas transformaciones se intensificaron con la pandemia de coronavirus, donde se incrementó la oferta educativa basada en herramientas y recursos virtuales. Entre 2021 y 2023, la gestión de instituciones públicas y privadas incorporó procesos tecnológicos dirigidos a mejorar procedimientos, metodologías, servicios y productos educativos (UNESCO, 2024). La transformación digital ha reconfigurado la forma de acceso al conocimiento y la interacción académica, introduciendo nuevas demandas formativas sobre el dominio de plataformas, herramientas ofimáticas y canales de comunicación digital.

Como señala un autor contemporáneo: “las habilidades digitales fundamentales consisten en el conjunto de capacidades que permiten pensar críticamente el entorno digital y utilizarlo para la participación” (Morduchowicz, 2021, p.6). Esto implica desarrollar el pensamiento crítico y la participación activa en entornos digitales, lo que fundamenta la necesidad de fortalecer estas habilidades en la formación universitaria. Por otro lado, Medina et al. (2022) afirman que: “(...) la transformación digital muestra una nueva percepción en el análisis de datos con la digitalización

que vincula a cada uno de los individuos que se desarrolla o forma parte de una organización” (p. 758). La transformación digital redefine la manera en que los individuos interactúan con la información y los procesos organizacionales, lo que resalta la importancia de incorporar las competencias digitales en la educación superior para formar profesionales capaces de desenvolverse eficazmente en un entorno tecnológico.

La fundamentación teórica que orienta la presente investigación entiende las competencias digitales como un conjunto integrado de saberes, destrezas y disposiciones para el uso crítico, creativo y seguro de las tecnologías (Salas-Quezada et al., 2022). Esta perspectiva es coherente con la necesidad de vincular el pensamiento crítico digital con prácticas formativas que promuevan la participación, colaboración y responsabilidad. Dicha base conceptual respalda el diseño de intervenciones educativas que no solo enseñen el manejo práctico de herramientas digitales, sino que incorporen actividades experienciales, producción de contenido académico y prácticas de seguridad informática.

El estudio se desarrolló en la carrera de Ciencias Políticas de la Universidad Amazónica de Pando en la ciudad de Cobija. En el ámbito académico-científico, el aporte de esta investigación se orienta a integrar la tecnología y el desarrollo de competencias como elementos clave para mejorar los procesos formativos desde un enfoque integral. Esta contribución permite reducir brechas digitales, así como fortalecer el uso de nuevas herramientas tecnológicas, redes y comunidades de aprendizaje. En el ámbito social, la investigación promueve el intercambio de conocimientos y experiencias mediante el aprendizaje colaborativo, lo cual fortalece la participación activa de los estudiantes en procesos formativos mediados por tecnología.

En este marco, la investigación tuvo como objetivo fortalecer las competencias digitales de los estudiantes de primer año de la carrera de Ciencias Políticas de la Universidad Amazónica



de Pando en la gestión 2024 mediante el diseño de un programa educativo virtual. La propuesta curricular se concibe como una intervención orientada al desarrollo de capacidades, habilidades y destrezas digitales que contribuyan a la formación integral del perfil profesional, y respondan a las exigencias de un entorno académico y social progresivamente digitalizado.

## METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló mediante un enfoque mixto (cualitativo–cuantitativo), seleccionado por su capacidad para ofrecer una comprensión más completa de la problemática estudiada. Como señala Ramírez (2013), la integración de ambos enfoques contribuye a fortalecer la validez y confiabilidad de los datos al permitir que sus resultados se complementen. En esta misma línea, Hernández-Sampieri et al. (2014) destacan que la combinación de métodos cualitativos y cuantitativos ayuda a equilibrar las limitaciones propias de cada uno, lo cual permitió que este enfoque resultara adecuado para responder a los objetivos planteados en el estudio.

En concordancia con la tipología propuesta por Hernández-Sampieri et al. (2014), se empleó el diseño explicativo secuencial (DEXPLIS) debido a que ofrece una estructura adecuada para abordar la problemática estudiada. En la primera fase se recopilieron datos cuantitativos a partir de un cuestionario de 15 ítems aplicado a estudiantes, organizado en cinco categorías relacionadas con las áreas de competencias digitales. Posteriormente, esta información se complementó con entrevistas a docentes, cuyos testimonios evidenciaron limitaciones en competencias tecnológicas, aunque acompañadas de una marcada disposición pedagógica.

Los resultados del diagnóstico revelan un contexto propicio para la implementación de procesos formativos orientados al fortalecimiento de las competencias digitales. Estas condiciones favorables se manifiestan en la identificación de necesidades específicas vinculadas al uso

pedagógico y técnico de las tecnologías, así como en la disposición expresada por estudiantes y docentes para participar en iniciativas de actualización. Las brechas detectadas permiten delimitar con claridad las áreas prioritarias de intervención y las actitudes positivas hacia la capacitación evidencian un terreno institucional abierto a la mejora continua. Estos elementos configuran un escenario adecuado para diseñar e implementar un programa educativo que responda a los desafíos y exigencias del entorno digital actual.

La Tabla 1 presenta la matriz de análisis de los datos cuantitativos recopilados en el estudio, organizada en categorías, subcategorías, dimensiones e indicadores relacionados con las competencias digitales de los estudiantes. Esta estructura permitió sistematizar la información obtenida a través de los cuestionarios, facilitando la identificación de los niveles de alfabetización e información, uso de programas y aplicaciones, comunicación y colaboración, creación de contenido, seguridad de la información y resolución de problemas. La matriz sirve como herramienta analítica para contrastar los resultados cuantitativos con las necesidades formativas detectadas, asegurando una interpretación clara y ordenada de los datos que sustentan el diseño de la propuesta educativa.

**Tabla 1**

*Matriz de análisis de datos cuantitativos*

Categoría	Sub categoría	Dimensiones	Indicadores
<b>Competencias digitales</b>	Alfabetización e información	Búsqueda en Internet Filtros de búsqueda	Google Bing
		Uso de programas y aplicaciones	Microsoft Word Microsoft Excel Microsoft Power Point Adobe Acrobat
	Comunicación y colaboración	Canales de comunicación	Facebook WhatsApp Instagram Tik Tok Telegram

	Razones de Búsqueda	Conocer personas Entretenimiento y diversión Compartir contenido y conocimiento
	Redes y comunidades	Sí No
Creación y producción de contenido	Creación de contenido	Sí No
	Uso de programas y aplicaciones Experiencia	Educaplay Kahoot Canva Genially OBS Studio
Seguridad de la información	Seguridad de datos	Sí
	Aplicación de recursos de seguridad	No
Resolución de problemas	Resolución de problemas técnicos	Sí
	Protección y mantenimiento de equipos	No

*Nota.* La tabla muestra la matriz de análisis de datos cuantitativos. Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 2 presenta la matriz de análisis de los datos cualitativos obtenidos en el estudio, estructurada en categorías, subcategorías, dimensiones e indicadores vinculados al programa educativo virtual. Esta organización permitió sistematizar la información recabada a través de entrevistas, enfocándose en aspectos como alfabetización e información, uso y apropiación de programas y aplicaciones, creación y producción de contenido, experiencias de formación y resolución de problemas. La matriz constituye una herramienta clave para interpretar los resultados cualitativos, facilitando la comprensión de las prácticas, percepciones y necesidades formativas que sustentan el diseño del programa educativo virtual.

**Tabla 2**

*Matriz de análisis de datos cualitativos*

Categoría	Sub categoría	Dimensiones	Indicadores
Programa educativo virtual	Alfabetización e información	Búsqueda en el internet Razones de búsqueda Filtros de búsqueda Uso de programas y aplicaciones	Razones de uso, apropiación y adaptación
	Creación y producción de contenido	Creación de contenido Experiencia de compartir o participar en comunidades de aprendizaje	Creación de contenido, acceso y publicación
	Experiencias de formación	Participación en eventos o programas de formación Experiencias aplicadas en la universidad de manera formal e informal	Participación, experimentación, aplicación
	Resolución de problemas	Resolución de problemas técnicos	Seguridad de dispositivos y datos

*Nota.* La tabla muestra la matriz de análisis de datos cualitativos. Fuente: Elaboración propia.

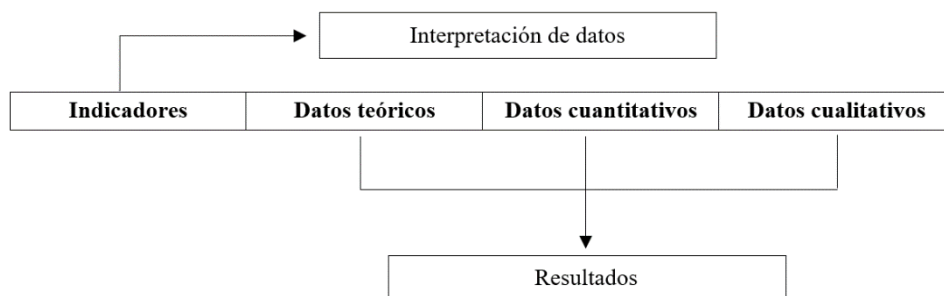
La metodología aplicada permitió recopilar y organizar información relevante sobre las competencias digitales de los estudiantes y el contexto institucional, asegurando que los datos obtenidos reflejaran de manera precisa las necesidades formativas y oportunidades de mejora. Este enfoque integral proporciona la base necesaria para presentar los resultados del estudio, los cuales evidencian los hallazgos más relevantes que orientan el desarrollo del programa educativo virtual.

## RESULTADOS

Con el propósito de analizar los datos de manera integral, la combinación de la información cualitativa y cuantitativa permitió organizar la interpretación de los resultados de forma estructurada, lo que dio lugar a conclusiones que reflejan las necesidades y oportunidades de mejora en las competencias digitales de los estudiantes. La Figura 1 resume el proceso de análisis, donde se muestra cómo se integraron los diferentes tipos de información para obtener una visión completa del contexto educativo.

**Figura 1**

*Proceso de interpretación de datos a través de la triangulación de fuentes de información*



*Nota.* La figura muestra el proceso de análisis de datos mediante la triangulación de fuentes cuantitativas y cualitativas. Fuente: Elaboración propia.

A partir de los resultados obtenidos, se identificaron diversas áreas de oportunidad en las competencias digitales de los estudiantes, las cuales se presentan a continuación desglosadas por subcategorías. Este análisis permite comprender las necesidades específicas en alfabetización e información, comunicación y colaboración, creación de contenido, seguridad de la información, resolución de problemas tecnológicos y experiencias formativas, lo cual orienta el diseño del programa educativo virtual.

- a. **Análisis – Sub categoría de Alfabetización e información.** Los estudiantes carecen de la capacidad para aplicar filtros de búsqueda de información y encarar procedimientos de gestión de la información, por lo que se recomienda orientar e implementar este tipo de competencias en planes o programas de formación integral.
- b. **Análisis – Sub categoría de Comunicación y colaboración.** Una de las competencias que se requiere en la actualidad es la capacidad de comunicarse a través de diferentes canales y compartir conocimiento e información. Si bien los estudiantes poseen esta capacidad, es importante orientarlos hacia intereses con mayor relevancia en sus actividades como ciudadanos digitales.

- c. **Análisis – Sub categoría de Creación y producción de contenido.** La generación de contenido virtual se ha convertido en una actividad de gran relevancia y con potencial de impacto que atrae la atención de los usuarios; no obstante, esta habilidad requiere orientarse hacia la producción de contenidos que respondan a necesidades reales y asuman la responsabilidad que conlleva. Los resultados muestran que los estudiantes presentan porcentajes bajos en esta competencia, por lo que es necesario reorientar su desarrollo hacia beneficios y oportunidades alineadas con sus intereses y áreas de formación.
- d. **Análisis – Sub categoría de Seguridad de la información.** La seguridad de la información constituye un aspecto fundamental para la protección de los datos personales e institucionales. Los resultados indican que los estudiantes presentan un criterio limitado en el manejo de la información, exponiéndolos a riesgos de estafas, engaños o extorsiones en entornos virtuales, situación que debe abordarse y prevenirse mediante estrategias formativas adecuadas.
- e. **Análisis – Sub categoría de Resolución de problemas.** Resulta fundamental fortalecer el pensamiento crítico y reflexivo de los estudiantes en el uso de herramientas tecnológicas. Los datos del diagnóstico evidencian que, ante escenarios complejos, los estudiantes presentan dificultades para responder de manera autónoma, lo que resalta la necesidad de brindar apoyo y promover la colaboración formativa para desarrollar sus capacidades de resolución de problemas.
- f. **Análisis – Sub categoría de Experiencias formativas.** Los procesos de formación identificados no se realizan de manera constante y no se ajustan plenamente a las realidades de los estudiantes. Por ello, un programa virtual debe incorporar características de flexibilidad, colaboración, interacción y aprendizaje activo que faciliten la comprensión de

los contenidos de forma más atractiva, vinculada a los intereses y necesidades de los participantes.

En este marco analítico, se ha diseñado un programa educativo virtual que integra las competencias digitales de acuerdo con las necesidades y deficiencias identificadas. El principal propósito es fortalecer las capacidades y habilidades tecnológicas de los estudiantes, promoviendo un desarrollo profesional integral en el manejo de aplicaciones y programas virtuales, la resolución de problemas tecnológicos, la seguridad informática y la adopción de criterios éticos en el uso de la tecnología.

La estructura curricular del programa se desarrolló bajo la modalidad e-learning y se organizó en cinco áreas modulares, cada una vinculada a una competencia digital específica. Su ejecución está prevista en un período de ocho semanas, con un total de 250 horas académicas, distribuidas entre actividades sincrónicas y asincrónicas, según un cronograma establecido.

**Tabla 3**

*Estructura curricular modular del programa*

	Áreas modulares	Actividades sincrónicas	Actividades asincrónicas	Carga horaria total
1	Área de Información y Alfabetización	15	25	40
2	Área de comunicación y colaboración	25	35	60
3	Área de creación y producción de contenido	25	35	60
4	Área de seguridad de información de datos	20	30	50
5	Área de resolución de problemas tecnológicos	15	25	40
		<b>100</b>	<b>150</b>	<b>250</b>

*Nota.* La tabla presenta la estructura curricular modular del programa, con las áreas de competencia digital, la distribución de actividades sincrónicas y asincrónicas y la carga horaria total prevista para su ejecución. Fuente: Elaboración propia.



Las áreas de comunicación y colaboración, creación y producción de contenido concentran la mayor carga horaria debido a su relevancia en el desarrollo integral de los estudiantes para interactuar y generar información en entornos digitales. Las demás áreas —alfabetización e información, seguridad de datos y resolución de problemas tecnológicos— complementan la formación al dotar a los estudiantes de conocimientos y habilidades esenciales para gestionar información, proteger entornos digitales y enfrentar desafíos tecnológicos, lo cual permite una educación virtual equilibrada y orientada a sus necesidades formativas.

La Tabla 4 presenta las áreas, líneas temáticas y unidades de aprendizaje del programa educativo virtual, mostrando cómo cada competencia digital se desarrolla a través de actividades estructuradas con recursos y medios digitales. Esta organización permite visualizar la articulación entre los contenidos y las prácticas formativas, asegurando que los estudiantes adquieran habilidades específicas en alfabetización e información, comunicación y colaboración, creación de contenido, seguridad de la información y resolución de problemas tecnológicos.

**Tabla 4**

*Áreas, líneas temáticas y unidades de aprendizaje del programa educativo virtual*

Áreas	Líneas temáticas	Unidades
Área de Información y Alfabetización	Navegación, búsqueda y filtrado de información, datos y contenido digital.	Procesos de navegación a través de filtros y estrategias de búsqueda.
	Evaluación de la información, datos y contenido digital.	Evaluación de la información y datos a través de una sistematización de contenido.
	Gestión de la información, datos y contenido digital.	Organización de la información y contenidos en función de estrategias de almacenamiento y en sistemas colaborativos.
Área de comunicación y colaboración	Interacción mediante tecnologías virtuales.	Interacción y comunicación con otros usuarios mediante canales digitales.
		Comparte contenidos propios y otros

	Comparte contenido y participar mediante canales digitales.	mediante canales digitales con otros usuarios.
	Colaboración en redes y canales digitales.	Genera colaboración y apoyo a otros usuarios mediante canales digitales.
Área de creación y producción de contenido	Desarrollo de contenidos y producción de recursos virtuales.	Creación de contenidos y a partir de ello produce recursos virtuales para compartir.
	Programación y desarrollo de propuestas formativas.	Programación de plataformas o páginas web con contenido propio.
Área de seguridad de información de datos	Protección de dispositivos y contenido digital.	Identificación de estrategias de protección de contenido.
	Protección de datos personales y de identidad digital.	Utilización de estrategias de protección de contenidos e identidad digital.
	Protección del entorno y medio ambiente digital y de bienestar de la salud.	Utilización de herramientas de protección de entornos virtuales y hábitos de uso de tecnología.
Área de resolución de problemas tecnológicos	Identificación de necesidades y respuestas tecnológicas.	Aplicación de herramientas para identificar necesidades tecnológicas.
	Resolución de problemas técnicos y virtuales.	Utilización de herramientas y/o recursos para resolver problemas técnicos.

*Nota.* La tabla presenta la relación entre áreas, líneas temáticas y unidades de aprendizaje del programa educativo virtual. Fuente: Elaboración propia.

Se aplicará una evaluación de aprendizaje de carácter formativo para impulsar la participación activa del estudiante y proporcionar retroalimentación sobre su desempeño. Para ello, se diseñará un conjunto de rúbricas con criterios claros y acordes con los aprendizajes esperados de cada área de competencia digital, las cuales orientarán al docente en la toma de decisiones pedagógicas para ajustar, reforzar o profundizar los contenidos según las necesidades que se evidencien en el proceso.

Los resultados obtenidos permiten identificar las competencias digitales que requieren fortalecimiento, así como las áreas de oportunidad en la formación de los estudiantes. El programa educativo virtual está estructurado en áreas modulares, líneas temáticas y unidades de aprendizaje

que responden a estas necesidades. Esta estructura asegura que las actividades formativas promuevan habilidades en alfabetización e información, comunicación y colaboración, creación de contenido, seguridad de la información y resolución de problemas tecnológicos. Todo ello favorece un aprendizaje efectivo, contextualizado y alineado con las demandas del entorno digital contemporáneo.

## DISCUSIÓN

El análisis de los hallazgos evidencia la necesidad de que estudiantes y docentes fortalezcan competencias en el manejo de herramientas y recursos educativos virtuales debido al impacto de la transformación digital en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Esta dinámica se relaciona con el desarrollo de capacidades y habilidades tecnológicas, ya que la experiencia de administrar programas de clases en línea o gestionar plataformas educativas virtuales requiere el dominio de competencias digitales. Al respecto, Vargas-Murillo (2019) sostiene que: “El conocimiento y aplicación de la competencia digital tiene la finalidad de promover el uso crítico de recursos y herramientas digitales en procesos educativos, científicos, participativos y personalizados (...)”.

(p. 89)

Esta visión denota la necesidad de que los actores educativos desarrollen criterios para seleccionar y aplicar tecnologías de forma pertinente, fortaleciendo la autonomía, reflexión y calidad en las prácticas académicas. Desde esta perspectiva, las competencias digitales se configuran como componentes esenciales para construir entornos educativos más críticos, participativos y orientados a la toma de decisiones, lo que demanda procesos formativos que integren habilidades técnicas y capacidades analíticas.

En el estudio se constató que, aunque los estudiantes poseen habilidades básicas en el uso de tecnologías, no se evidencian espacios efectivos de colaboración en entornos virtuales de aprendizaje. Esta situación contrasta con lo señalado por Vargas-Murillo (2019), quien concluye que “(...) la competencia digital (...) propicia ambientes virtuales flexibles, colaborativos, científicos, además de generar conocimiento y permitir al usuario actualizarse en las nuevas Tecnologías de Información y Comunicación” (p. 93). En este marco, la investigación confirma que los estudiantes requieren orientación para integrar sus habilidades iniciales con dinámicas colaborativas y responsables en entornos digitales.

Como parte de los resultados, se demostró que un programa educativo virtual orientado al desarrollo de competencias digitales constituye una respuesta pertinente a las necesidades formativas identificadas en los estudiantes, al estructurar contenidos, actividades y evaluaciones alineadas con las áreas de alfabetización e información, comunicación y colaboración, creación de contenido, seguridad de la información y resolución de problemas tecnológicos. Este descubrimiento coincide con la afirmación realizada por Chou et al. (2017), quienes demuestran en su artículo que el programa propuesto para el desarrollo de competencias en TIC, constituye: “una efectiva herramienta metodológica que optimiza los recursos y propicia los conocimientos y competencias necesarias para utilizar las herramientas y aplicaciones (...) en el aula, convirtiéndolos en poderosos recursos favorecedores del aprendizaje” (p.86). Ambos hallazgos evidencian la importancia de diseñar programas formativos que integren competencias digitales con prácticas educativas efectivas, orientadas a fortalecer habilidades tecnológicas y la participación activa en entornos virtuales de aprendizaje.

Sobre la influencia formativa de las tecnologías digitales, Silva et al. (2021) concluyen que “(...) las tecnologías no son solamente un instrumento en el proceso de enseñanza y aprendizaje,

sino que se constituyen en una mediación entre el estudiante, el docente y la formación, que van determinando las formas de ser, pensar y actuar” (p. 14). Este planteamiento se relaciona con los resultados obtenidos, donde se demuestra que las competencias digitales impactan la forma en que los estudiantes se relacionan con la información y participan activamente en entornos educativos virtuales. La investigación evidencia que el desarrollo integral de estas competencias requiere un enfoque que articule habilidades técnicas y estratégicas con actitudes reflexivas y colaborativas.

De manera complementaria, otras investigaciones profundizan en las exigencias que las competencias digitales plantean a los estudiantes en contextos académicos avanzados. Ramírez-Armenta et al. (2021), en su estudio sobre la medición de estas competencias en estudiantes de posgrado, concluyen que:

(...) para ser un competente digital se requieren sujetos capaces de dominar programas especializados, manejar distintos softwares para la recopilación y el análisis de datos; interfaces de páginas y aplicaciones diseñados para proyectos y el uso operativo de bases de datos de documentación científica. (p. 124)

Esta afirmación refuerza la idea de que las competencias digitales implican el dominio progresivo y estratégico de herramientas tecnológicas vinculadas a la gestión de información y resolución de tareas académicas complejas. En consonancia con estos aportes, los resultados de la investigación evidencian que los estudiantes requieren fortalecer su capacidad para interactuar con recursos digitales que apoyen procesos de análisis, producción académica y participación activa en entornos virtuales. De este modo, la propuesta de un programa educativo orientado a competencias digitales responde a las demandas identificadas y contribuye a cerrar las brechas que dificultan un desempeño académico sólido en escenarios formativos cada vez más mediados por la tecnología.

El análisis comparativo evidencia que los hallazgos del estudio coinciden con las investigaciones de Vargas-Murillo (2019), Chou et al. (2017), Silva et al. (2020) y Ramírez-Armenta et al. (2021), y permiten identificar áreas específicas de mejora, como la alfabetización en información, producción de contenido digital, seguridad de la información y resolución de problemas tecnológicos. Estos resultados destacan la importancia de integrar contenidos y actividades formativas que respondan a las necesidades reales de los estudiantes, asegurando una formación integral, contextualizada y coherente con los avances de la era digital.

En cuanto a las limitaciones, la investigación se centró en el diseño de una propuesta formativa basada en el diagnóstico de competencias digitales, sin contemplar una implementación piloto ni una evaluación longitudinal de sus efectos. No obstante, el estudio proporciona información valiosa para orientar políticas educativas y estrategias pedagógicas que fortalezcan las competencias digitales de los estudiantes universitarios, constituyéndose en un referente para futuras investigaciones en entornos virtuales de aprendizaje.

Los hallazgos de la investigación tienen implicaciones significativas desde el punto de vista académico y profesional. La propuesta del programa educativo virtual responde a las necesidades identificadas y permite potenciar un aprendizaje integral, reflexivo y práctico. Este enfoque fortalece la formación de competencias digitales en los estudiantes y potencia su capacidad de adaptación frente a un entorno digital en constante evolución. Los resultados respaldan la pertinencia del programa como una estrategia educativa capaz de potenciar competencias digitales de manera efectiva y sostenible en la educación superior.

## CONCLUSIONES

El estudio permitió identificar las necesidades formativas de los estudiantes universitarios en relación con el desarrollo de competencias digitales. A través de la recolección y análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como de la revisión bibliográfica, se evidenció que los estudiantes presentan niveles bajos de desarrollo en el uso de herramientas digitales, gestión de información, comunicación virtual, creación de contenido, seguridad informática y resolución de problemas tecnológicos. Estos hallazgos fundamentaron el diseño de un programa educativo virtual orientado al fortalecimiento de competencias digitales, adaptado a las necesidades reales detectadas en los estudiantes.

El programa educativo diseñado se estructuró sobre cinco áreas clave: alfabetización e información, comunicación y colaboración, creación de contenido, seguridad de la información y resolución de problemas tecnológicos. Su desarrollo consideró áreas, líneas temáticas y unidades de aprendizaje, lo que asegura su pertinencia y aplicabilidad. De esta manera, se alcanzaron los objetivos del estudio, demostrando que un programa educativo virtual contextualizado constituye una respuesta efectiva para mejorar las competencias digitales de los estudiantes universitarios.

Como recomendaciones, se sugiere la implementación de programas similares en otras instituciones educativas y asegurar la actualización constante de los contenidos y herramientas tecnológicas. Asimismo, se propone ampliar la investigación hacia la integración de competencias digitales en el currículo base con el propósito de fortalecer la formación integral de los estudiantes y alinear los contenidos con las tendencias educativas del siglo XXI para que los perfiles profesionales se ajusten a la transformación digital y las exigencias del entorno global.



## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Amazónica de Pando (UAP) por el respaldo institucional brindado durante el desarrollo de esta investigación, así como a la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM) por su colaboración académica y técnica en el marco del convenio interinstitucional entre ambas instituciones. De igual manera, se reconoce la valiosa contribución de docentes, directivos y estudiantes de la carrera de Ciencias Políticas de la UAP, cuyo apoyo facilitó la ejecución del estudio y fortaleció los resultados obtenidos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Chou, R., Valdés, A. y Sánchez, S. (2017). Programa de formación de competencias digitales en docentes universitarios. *Universidad y Sociedad*, 9(1), 81-86.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2218-36202017000100011](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202017000100011)
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista-Lucio, M.P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ª ed.). McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, México D.F.  
[https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_-\\_roberto\\_hernandez\\_sampieri.pdf](https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf)
- Medina, P., Chango, M., Corella, M. y Guizado, D. (2022). Transformación digital en las empresas: una revisión conceptual. *Journal Of Science and Research*, 7(1), 756-769.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8808726>
- Morduchowicz, R. (2021). *Competencias y habilidades digitales*. Montevideo, Uruguay: UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380113.locale=en>

- Ramírez, I. (2013). *Apuntes de Metodología de la Investigación: Un enfoque crítico*. Sucre, Bolivia: Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca.
- Ramírez-Armenta, M.O., García-López, R.I. y Navarro, R.E. (2021). Validación de una escala para medir la competencia digital en estudiantes de posgrado. *Formación universitaria*, 14(3), 115-126. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062021000300115>
- Salas-Quezada, M.A., Salas-Luévano, M.A. y Hernández-Berumen, J.J. (2022). Las competencias digitales y sus componentes clave para mejorar el trabajo académico de estudiantes y docentes. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 5834- 5864. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/download/3846/5835/>
- Silva, A.M., Martínez, E.M., Ortega, S.C., Mejía, C. y Maldonado, A. (2021). Estudio sobre competencias digitales en programas de formación virtual y a distancia. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 28(3), 1-16. <https://doi.org/10.30878/ces.v28n3a4>
- UNESCO. (2024). *Informe de seguimiento de la educación en el mundo, 2023. Tecnología en la educación: ¿una herramienta en los términos de quién?* París, UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000388894>
- Vargas-Murillo, G. (2019). Competencias Digitales y su Integración con Herramientas Tecnológicas en Educación Superior. *Revista Cuadernos*, 60(1), 88-94. [http://www.scielo.org.bo/pdf/chc/v60n1/v60n1\\_a13.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/chc/v60n1/v60n1_a13.pdf)



## **Estrategia de Innovación Tecnológica para mejorar el Rendimiento Académico en la Enseñanza de Turismo Sostenible**

*Technological Innovation Strategy to Improve Academic Performance in  
Sustainable Tourism Education*

**Autora:** Julieth Gantier Pinto  ORCID

Universidad Amazónica de Pando (UAP), Bolivia

### **Cómo citar este artículo:**

**American Psychological Association, 7.<sup>a</sup> edición (APA 7):**

Gantier Pinto, J. (2025). Estrategia de innovación tecnológica para mejorar el rendimiento académico en la enseñanza de Turismo Sostenible. *Boletín Científico Fronteras Tecnológicas*, 1(1), 75-94.

**Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE):**

J. Gantier Pinto, “Estrategia de innovación tecnológica para mejorar el rendimiento académico en la enseñanza de Turismo Sostenible”, *Boletín Científico Fronteras Tecnológicas*, vol. 1, no. 1, 75-94, 2025. [En línea].



## RESUMEN

La investigación propuesta tuvo como objetivo desarrollar una Estrategia de Innovación Tecnológica para fortalecer el rendimiento académico en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes del quinto semestre de la asignatura Desarrollo de Productos Turísticos, perteneciente a la carrera de Turismo Sostenible de la Universidad Amazónica de Pando, gestión 1-2024. El estudio se orientó al desarrollo de una estrategia integral que incorporara herramientas tecnológicas efectivas en dicho proceso. Se reconoce la creciente relevancia de la tecnología en el ámbito educativo, especialmente en áreas como el turismo, que requieren formación práctica y actualizada. La investigación se desarrolló en varias etapas, iniciando con un análisis detallado de las necesidades y preferencias de los estudiantes, complementado con una revisión bibliográfica sobre buenas prácticas de la integración tecnológica en la educación turística. Con base en esta información, se diseñó una estrategia que incluyó la selección de tecnologías educativas pertinentes, el diseño de actividades y recursos digitales, la integración curricular, así como la aplicación de mecanismos de evaluación y retroalimentación. Se espera que esta propuesta contribuya a mejorar significativamente la calidad del proceso educativo en la carrera de Turismo Sostenible, preparando a los estudiantes para enfrentar los desafíos y aprovechar las oportunidades de una industria turística en constante evolución. La investigación aporta al conocimiento sobre la integración tecnológica en la educación superior, ofreciendo aprendizajes útiles para otras instituciones en contextos similares.

*Palabras clave:* estrategia, innovación, tecnología, rendimiento académico.





## ABSTRACT

The proposed research aimed to develop a Technological Innovation Strategy to strengthen academic performance in the teaching-learning process of fifth-semester students in the Tourism Product Development course, part of the Sustainable Tourism degree program at the Amazonian University of Pando, academic year 1-2024. The study focused on developing a comprehensive strategy that incorporated effective technological tools into this process. The growing relevance of technology in education is recognized, especially in areas such as tourism, which require practical and up-to-date training. The research was carried out in several stages, beginning with a detailed analysis of the students' needs and preferences, complemented by a literature review on good practices in the integration of technology in tourism education. Based on this information, a strategy was designed that included the selection of relevant educational technologies, the design of digital activities and resources, curricular integration, and the application of assessment and feedback mechanisms. It is hoped that this proposal will contribute to significantly improving the quality of the educational process in the Sustainable Tourism degree program, preparing students to face the challenges and take advantage of the opportunities of a constantly evolving tourism industry. The research contributes to knowledge about technology integration in higher education, offering useful lessons for other institutions in similar contexts.

*Keywords:* strategy, innovation, technology, academic performance.



## INTRODUCCIÓN

La presente investigación realizó un análisis diagnóstico sobre el rendimiento académico de los estudiantes en el quinto semestre de la asignatura Desarrollo de Productos Turísticos de la carrera Turismo Sostenible en la Universidad Amazónica de Pando. Los resultados del trabajo evidenciaron un bajo desempeño académico, lo que constituyó un indicador clave para justificar la necesidad de implementar una estrategia de innovación tecnológica. En este marco, Bates (2015) afirma que:

Los métodos de enseñanza deben ayudar a desarrollar y transferir las competencias específicas tanto a los efectos del desarrollo como de la diseminación del conocimiento, y al mismo tiempo deben preparar a los graduados para trabajar en una sociedad basada en el conocimiento. (p. 44)

Esta reflexión demuestra que la educación superior debe formar profesionales capaces de desenvolverse en contextos cambiantes, donde las competencias tecnológicas, comunicativas y cognitivas son fundamentales. En ese entendido, la innovación tecnológica se presenta como un medio indispensable para fortalecer las prácticas pedagógicas, potenciar el aprendizaje y mejorar el rendimiento académico.

En la Universidad Amazónica de Pando, la carrera de Turismo Sostenible constituye un espacio estratégico para la formación de profesionales orientados a un sector en crecimiento y con alto impacto en el desarrollo económico y cultural de la región amazónica y del país; sin embargo, la enseñanza de la asignatura Desarrollo de Productos Turísticos ha evidenciado limitaciones relacionadas con el predominio de metodologías expositivas tradicionales, el escaso uso de recursos digitales interactivos y la baja motivación estudiantil, factores que repercuten de manera directa en el rendimiento académico.

Frente a esta problemática, la literatura especializada ha demostrado el potencial de la tecnología educativa como medio para transformar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Autores como Concha et al. (2023) y Gillate et al. (2023) demuestran que la integración de tecnologías digitales en el aula favorece la participación activa de los estudiantes, fomenta la colaboración y amplía el acceso a recursos de aprendizaje globales. Estos aportes resultan pertinentes en disciplinas como el Turismo, donde la enseñanza requiere un enfoque interdisciplinario, experiencial e innovador, capaz de preparar a los estudiantes para responder a los desafíos y oportunidades del sector.

Las teorías del aprendizaje refuerzan la relevancia de este enfoque. El constructivismo sostiene que los estudiantes construyen conocimiento a partir de la interacción con su entorno y la reflexión sobre sus experiencias (Gortaire et al., 2023). El aprendizaje colaborativo enfatiza la construcción conjunta de saberes a través del trabajo en equipo (Johnson et al., 1999). Por su parte, el aprendizaje basado en problemas propone un modelo activo en el que los estudiantes abordan desafíos contextualizados mediante recursos tecnológicos que simulan situaciones reales (Pinheiro et al., 2023). Estas perspectivas evidencian la coherencia teórica de diseñar estrategias de innovación tecnológica para la asignatura analizada, ya que permiten alinear las metodologías docentes con principios pedagógicos centrados en el estudiante.

En este marco, la innovación tecnológica en educación no se reduce a la incorporación de dispositivos o software, sino que implica transformaciones pedagógicas, organizacionales y culturales orientadas a mejorar la eficacia y la equidad del proceso formativo (Camacho et al., 2020). Modelos como el SAMR (sustitución, aumento, modificación, redefinición) y TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) (Campos, 2021), ofrecen referentes conceptuales para guiar la integración tecnológica en el currículo, promoviendo prácticas que

superen la mera sustitución de actividades analógicas y avancen hacia la redefinición de experiencias educativas más significativas.

La presente investigación se justifica en la necesidad de responder a los bajos niveles de rendimiento académico detectados en los estudiantes de la asignatura Desarrollo de Productos Turísticos y de alinear la formación con las demandas actuales del sector turístico, caracterizado por su dinamismo, internacionalización y creciente digitalización. La propuesta de una estrategia de innovación tecnológica busca contribuir al fortalecimiento de la calidad de la educación superior en la región amazónica. Además, el estudio aporta al campo del conocimiento sobre la educación en turismo sostenible, ofreciendo un referente aplicable a contextos similares en los que la incorporación de tecnologías y metodologías activas resulta clave para la formación de profesionales competentes.

En este sentido, el objetivo de la investigación es desarrollar una estrategia de innovación tecnológica para fortalecer el rendimiento académico de los estudiantes del quinto semestre de la asignatura Desarrollo de Productos Turísticos de la carrera de Turismo Sostenible de la Universidad Amazónica de Pando (gestión I-2024). Con ello se busca transformar la experiencia de aprendizaje hacia un modelo más interactivo, motivador y contextualizado, que favorezca el desarrollo de competencias técnicas, digitales y socioemocionales, indispensables para enfrentar los retos del turismo sostenible en el siglo XXI.

## METODOLOGÍA

La presente investigación adoptó un enfoque mixto (cuantitativo–cualitativo), con el propósito de proponer una solución pertinente a la problemática del bajo rendimiento académico en la asignatura Desarrollo de Productos Turísticos, cursada por los estudiantes de quinto semestre de la carrera de Turismo Sostenible de la Universidad Amazónica de Pando (UAP). Esta elección



metodológica se sustenta en los planteamientos de Hernández-Sampieri et al. (2014), quienes destacan que el enfoque mixto permite obtener una visión integral del fenómeno, combinando el análisis estadístico con la interpretación de percepciones y experiencias.

La población estuvo conformada por los estudiantes de la carrera de Turismo Sostenible de la UAP inscritos en la asignatura Desarrollo de Productos Turísticos durante la gestión 2024. Según datos de la coordinación de carrera, el total de matriculados fue de 35 estudiantes. Debido al tamaño manejable de la población se trabajó con una muestra censal ( $n = 35$ ), por lo que todos los estudiantes fueron incluidos en el estudio.

Los criterios de inclusión fueron los siguientes:

- Estar oficialmente matriculado en el quinto semestre de la carrera de Turismo Sostenible.
- Cursar la asignatura Desarrollo de Productos Turísticos.
- Contar con acceso básico a herramientas tecnológicas (dispositivo móvil, tableta o computadora) y conexión a internet.






La investigación se desarrolló en cinco etapas metodológicas. La primera etapa, correspondiente al diagnóstico, permitió identificar el nivel de rendimiento académico, las competencias tecnológicas y las percepciones de los estudiantes sobre el uso de la tecnología en el proceso de aprendizaje. Para ello, se aplicaron encuestas a los estudiantes, se realizó una revisión de registros académicos previos y se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas con los docentes responsables. La segunda etapa consistió en el diseño de la estrategia de innovación tecnológica, orientada a la elaboración de una propuesta metodológica adaptada al contexto y la asignatura, mediante la selección de herramientas tecnológicas pertinentes. En la tercera etapa, se procedió al diseño de actividades integradoras con TIC, articuladas con los objetivos de aprendizaje y orientadas al desarrollo de competencias digitales y académicas.

La cuarta etapa correspondió a la validación de la propuesta por expertos, cuyo resultado fue una estrategia pedagógica ajustada y validada para su implementación. En la quinta etapa, se realizó la aplicación progresiva de la estrategia durante el desarrollo del curso. Esta fase incluyó la integración de recursos digitales en el aula, la promoción de proyectos colaborativos con herramientas TIC y la implementación de un monitoreo continuo del avance académico. Como resultado, se evidenció una mejora gradual en el rendimiento académico de los estudiantes.

Durante el desarrollo del estudio, se incorporaron tecnologías educativas y de análisis, fundamentadas en la literatura especializada. Según Paredes et al. (2024), el uso de la realidad aumentada y recorridos virtuales en contextos educativos fortalece la motivación y el compromiso del estudiante. Pérez (2024) considera que las aplicaciones tecnológicas se han convertido en importantes facilitadores de los recursos turísticos, ya que agilizan el proceso de planificación, mejoran la experiencia del viajero y transforman la administración de los sitios turísticos. En la Tabla 1 se presentan las principales herramientas tecnológicas aplicadas, clasificadas según su función en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

**Tabla 1**

*Principales herramientas utilizadas y clasificadas según su función*

Herramientas de Análisis de Datos	 SPSS: Utilizado para analizar datos estadísticos relacionados con el impacto de la innovación tecnológica en el rendimiento académico.
	 Excel (Microsoft Office): Aplicado para la recopilación, tabulación y análisis de datos cuantitativos obtenidos mediante encuestas y pruebas de rendimiento.
	 Google Forms: Empleado para la recolección de datos a través de encuestas a estudiantes y docentes.
Herramientas de Gestión Bibliográfica	 Mendeley: Software utilizado para gestionar referencias bibliográficas y facilitar la organización de fuentes académicas relevantes para la investigación.
	 Zotero: Herramienta complementaria para almacenar y citar artículos científicos, libros y documentos relacionados con innovación educativa y turismo sostenible.

Software y Plataformas de Aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>Moodle: Plataforma de gestión de aprendizaje (LMS) utilizada para compartir recursos digitales, diseñar actividades interactivas y realizar evaluaciones en línea.</li> <li>Google Classroom: Herramienta para la gestión de clases virtuales, facilitando la interacción entre docentes y estudiantes.</li> <li>Kahoot!: Aplicación de gamificación empleada para evaluar conocimientos de manera dinámica y fomentar el aprendizaje interactivo.</li> <li>Quizizz: Plataforma utilizada para reforzar contenidos mediante cuestionarios y juegos educativos.</li> </ul>
Tecnologías de Simulación y Modelado	<ul style="list-style-type: none"> <li>SketchUp: Software para la creación de modelos 3D de productos turísticos, permitiendo a los estudiantes visualizar sus proyectos de manera realista.</li> <li>Canva: Plataforma de diseño gráfico utilizada para la elaboración de presentaciones y materiales visuales en la planificación de productos turísticos.</li> <li>Google Earth y Google Maps: Herramientas para la exploración virtual de destinos turísticos y el análisis geoespacial de sitios de interés.</li> </ul>
Herramientas de Visualización Científica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tableau: Software de análisis y visualización de datos utilizado para presentar hallazgos de manera gráfica e interactiva.</li> <li>Power BI: Herramienta para la interpretación de datos y generación de informes visuales que faciliten la toma de decisiones educativas.</li> </ul>
Herramientas de Inteligencia Artificial Generativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>ChatGPT: Utilizado como asistente en la generación de contenido educativo, respuestas a preguntas y apoyo en la redacción de documentos académicos.</li> <li>DALL-E: Empleado para la creación de imágenes generadas por IA que representen escenarios turísticos innovadores.</li> <li>DeepL: Traductor basado en IA utilizado para acceder a fuentes en otros idiomas y mejorar la comprensión de literatura científica.</li> </ul>

*Nota.* La tabla presenta las herramientas tecnológicas empleadas en la investigación, organizadas según su función para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje a través de la innovación tecnológica. Fuente: Elaboración propia.

La metodología aplicada permitió obtener una comprensión contextualizada de la problemática educativa mediante la integración del análisis estadístico con la interpretación cualitativa de las percepciones de docentes y estudiantes. Los procedimientos metodológicos descritos sirvieron como fundamentos para el análisis de los efectos derivados de la

implementación de la Estrategia de Innovación Tecnológica. A partir de ellos, se presentan los resultados obtenidos, los cuales evidencian transformaciones en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura Desarrollo de Productos Turísticos en la carrera de Turismo Sostenible.

## RESULTADOS

Tras la implementación de la Estrategia de Innovación Tecnológica, los resultados obtenidos evidenciaron una mejora significativa en los indicadores académicos y actitudinales de los estudiantes participantes. Se observó un fortalecimiento del rendimiento académico, acompañado de un mayor nivel de participación, motivación y compromiso con las actividades formativas, elementos que resultan clave para el logro del aprendizaje significativo. A continuación, se presentan los principales hallazgos que respaldan estos resultados.

**Tabla 2**

*Comparación de indicadores antes y después de la intervención tecnológica*

Indicador	Antes de la intervención	Después de la intervención	Observaciones
Promedio general de calificaciones	55/100	74/100	El incremento en el rendimiento académico demuestra el efecto positivo de la estrategia tecnológica en el aprendizaje de los estudiantes.
Asistencia regular (presencial y virtual)	68%	91%	La mejora significativa en la asistencia indica que las herramientas interactivas aumentaron la motivación y el compromiso con la clase.

*Nota.* La tabla compara el promedio general de calificaciones y la asistencia antes y después de la intervención tecnológica. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3**
*Indicadores posteriores a la intervención tecnológica*

Indicador	Resultados	Observaciones
Participación activa	Se elevó en un 62%	Incremento registrado en las plataformas educativas utilizadas, lo cual refleja un mayor compromiso de los estudiantes en actividades académicas y de colaboración en línea.
Desempeño en proyectos finales	81% alcanzaron nivel satisfactorio o excelente	Se evaluaron competencias, como: diseño de productos turísticos innovadores, integración de criterios de sostenibilidad y uso adecuado de herramientas digitales para presentación de itinerarios y productos.

*Nota.* La tabla presenta la participación activa y el desempeño en proyectos finales de los estudiantes después de la intervención tecnológica. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4**

*Resultados de la encuesta aplicada a estudiantes y docentes tras la implementación de la Estrategia de Innovación Tecnológica*

Grupo encuestado	Indicadores	Resultados	Observaciones
Estudiantes	Consideran que la tecnología facilitó su aprendizaje	93%	Refleja la percepción positiva del uso de herramientas tecnológicas como apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje.
	Se sintieron más motivados con el uso de herramientas tecnológicas	87%	Evidencia un incremento en la motivación y la participación activa durante el desarrollo de la asignatura.
	Recomiendan mantener la estrategia tecnológica para futuras gestiones	91%	Muestra la aceptación de la estrategia como recurso pedagógico eficaz.
Docentes	Valoraron positivamente la estrategia tecnológica implementada	100%	Destacaron que la estrategia facilitó el seguimiento individual del aprendizaje y fomentó la creatividad de los estudiantes.

*Nota.* La tabla muestra las percepciones positivas de los estudiantes y docentes encuestados.

Fuente: Elaboración propia.

En las tablas siguientes se presenta una propuesta articulada de incorporación de tecnologías educativas orientadas a fortalecer el proceso de enseñanza de la asignatura Desarrollo de Productos Turísticos en la carrera de Turismo Sostenible.

**Tabla 5**

*Propuesta de integración de tecnologías educativas para enriquecer el proceso de enseñanza de la asignatura Desarrollo de Productos Turísticos de la Carrera Turismo Sostenible*

Herramienta tecnológica	Contenido	Descripción de uso
Sistemas de Información Geográfica (SIG)	Análisis de ubicaciones para nuevos productos turísticos	Permite mapear y analizar datos geográficos con el propósito de identificar áreas de interés para el desarrollo del turismo sostenible.
Software de gestión de proyectos (e.g., Trello, Asana)	Planificación y desarrollo de productos turísticos	Facilita la gestión de tareas, el seguimiento de procesos y la colaboración en equipo.
Herramientas de encuesta en línea (e.g., SurveyMonkey, Google Forms)	Investigación de mercado y feedback de clientes	Se utilizan en la recolección de datos de mercado y opiniones de clientes para evaluar la viabilidad de productos turísticos.
Aplicaciones de realidad virtual y aumentada	Diseño y promoción de experiencias turísticas	Permiten crear experiencias inmersivas para la promoción de destinos turísticos.
Software de análisis de datos (e.g., Excel, SPSS, R)	Análisis de datos y tendencias del mercado turístico	Ayuda en el análisis de grandes volúmenes de datos para identificar tendencias y patrones de comportamiento.
Plataformas de redes sociales (e.g., Facebook, Instagram, Twitter)	Promoción y marketing de productos turísticos	Utilizadas para la promoción de productos turísticos y para interactuar con el público objetivo
Herramientas de creación de contenido multimedia (e.g., Adobe Creative Suite)	Diseño de materiales promocionales y educativos	Facilita la creación de videos, gráficos y otros materiales promocionales de alta calidad.
Software de simulación (e.g., AnyLogic)	Modelación de escenarios turísticos y evaluación de impactos	Permite simular diferentes escenarios y evaluar los impactos de nuevas iniciativas turísticas.
Plataformas de e-learning (e.g., Moodle, Blackboard)	Formación continua y actualización de conocimientos	Usadas para ofrecer cursos en línea y recursos educativos adicionales.
Sistemas de Reservas y Gestión Hotelera (e.g., Amadeus, Opera PMS)	Gestión de reservas y operaciones hoteleras	Ayudan en la administración de reservas, disponibilidad y operaciones diarias de alojamientos turísticos.

*Nota.* La tabla presenta una propuesta de integración de tecnologías educativas. Fuente:

Elaboración propia.

La propuesta busca potenciar las estrategias pedagógicas mediante el uso de herramientas digitales que promuevan la innovación, la participación activa de los estudiantes y el desarrollo de

competencias profesionales vinculadas al diseño, promoción y gestión sostenible de productos turísticos. La propuesta orienta el desarrollo de competencias profesionales específicas, vinculadas al diseño, promoción y gestión sostenible de productos turísticos, preparando a los estudiantes para enfrentar los desafíos del sector con una visión integral, ética y responsable.

**Tabla 6**

*Integración tecnológica en el currículo de la asignatura Desarrollo de Productos Turísticos*

Contenido	Tecnología	Actividad	Evaluación
Introducción a los Productos Turísticos	Moodle/Canvas	Acceso al syllabus, lecturas y foros de discusión	Participación en foros, quiz inicial
Análisis de Destinos Turísticos	VR Tours	Análisis de tours virtuales	Informe de análisis
Desarrollo de Productos Turísticos	Simulador ProTourism	Simulación de gestión de destinos	Reporte de simulación
Estrategias de Marketing	Hootsuite, Google Ads	Planificación de campañas en redes sociales	Presentación de campañas
Análisis de Datos Turísticos	Tableau, Google Analytics	Análisis de datos de tráfico web y tendencias	Reporte de análisis de datos
Sostenibilidad en el Turismo	Calculadoras de huella de carbono, IoT	Evaluación del impacto ambiental de un proyecto	Informe de sostenibilidad
Storytelling y Presentación	Prezi, Canva, YouTube	Creación de presentaciones y contenido multimedia	Evaluación de presentaciones
Trabajo Final	Google Workspace, Trello	Gestión y presentación del proyecto final de desarrollo de productos turísticos	Proyecto final y defensa oral

*Nota.* La tabla presenta la propuesta de incorporación de tecnologías educativas en el currículo de la asignatura Desarrollo de Productos Turísticos. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados permiten evidenciar el impacto positivo de la Estrategia de Innovación Tecnológica en la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura Desarrollo de Productos Turísticos. Las variaciones cuantitativas reflejan avances significativos en el rendimiento académico, la asistencia y participación activa, mientras que los datos cualitativos confirman una percepción favorable de estudiantes y docentes sobre la pertinencia pedagógica de las herramientas implementadas. Estos hallazgos proporcionan fundamentos empíricos para la



discusión que se desarrolla en el siguiente apartado, orientada a interpretar los resultados obtenidos mediante su relación con los referentes teóricos, con el fin de valorar su pertinencia y aporte al campo científico.

## DISCUSIÓN

Los resultados evidencian que la Estrategia de Innovación Tecnológica aplicada en la asignatura Desarrollo de Productos Turísticos produjo mejoras significativas en el rendimiento académico, la asistencia y la participación activa de los estudiantes. La efectividad de la estrategia estuvo condicionada por factores estructurales y contextuales que deben ser considerados para garantizar su sostenibilidad y replicabilidad.

Uno de los principales hallazgos críticos fue la persistencia de la brecha digital, expresada en el acceso desigual a dispositivos, conectividad y en la carencia de habilidades digitales básicas en un segmento del estudiantado. Como advierte Bates (2015), la integración de tecnologías en la enseñanza universitaria requiere que los docentes comprendan las limitaciones del contexto y adapten el diseño instruccional a las capacidades reales de los estudiantes. En la presente investigación, aunque la planificación metodológica fue adecuada, la ausencia de acompañamiento personalizado y de tutorías diferenciadas para estudiantes con bajo dominio de TIC limitó parcialmente los logros de aprendizaje profundo y autónomo.

Se detectaron limitaciones técnicas —como fallas en las sesiones sincrónicas, lentitud en plataformas y deficiencias en infraestructura tecnológica institucional— que coinciden con lo señalado por Camacho et al. (2020) sobre los desafíos de la innovación educativa en Latinoamérica, donde la falta de recursos tecnológicos y de conectividad constituyen barreras recurrentes para la implementación efectiva de estrategias digitales; no obstante, el incremento del rendimiento académico promedio (de 55/100 a 74/100) y de la asistencia (de 68% a 91%)



confirman que el uso planificado de herramientas tecnológicas puede generar un entorno de aprendizaje más dinámico, participativo y motivador. Estas mejoras se relacionan con las conclusiones de Vargas et al. (2024), quienes sostienen que la implementación adecuada de tecnologías en el proceso enseñanza-aprendizaje amplía las oportunidades educativas, fortalece la interacción y creatividad estudiantil.

En relación con las competencias desarrolladas, el 81% de los estudiantes alcanzó un nivel satisfactorio o excelente en el diseño de productos turísticos innovadores, integrando criterios de sostenibilidad y el uso adecuado de recursos digitales. Este resultado se vincula con lo planteado por Gortaire et al. (2023), quienes destacan que los modelos constructivistas y conectivistas favorecen la creación de aprendizajes significativos cuando el estudiante interactúa activamente con entornos digitales, convirtiéndose en protagonista de su propio proceso formativo.

El uso de herramientas de realidad virtual, simuladores, software de análisis de datos y plataformas interactivas, como se integró en la propuesta final del estudio, responde a las tendencias señaladas por Paredes et al. (2024), quienes destacan que la realidad virtual y aumentada ofrecen experiencias inmersivas que potencian la comprensión y retención del conocimiento en educación superior. De manera similar, Pérez (2024) señala que las aplicaciones tecnológicas en el campo turístico permiten conectar la teoría con la práctica mediante el diseño de experiencias formativas contextualizadas en entornos reales.

A nivel pedagógico, los resultados coinciden con lo planteado por Campos (2021), quien sostiene que los modelos de integración tecnológica, como TPACK y SAMR, resultan eficaces cuando el docente consigue articular de manera equilibrada los componentes tecnológicos, pedagógicos y disciplinares en su práctica educativa. En la intervención estudiada, la docente evidenció avances significativos en la dimensión tecnológica, aunque aún persisten desafíos en la



consolidación de un enfoque integrador que contemple el desarrollo de competencias digitales en docentes y estudiantes.

El análisis de las percepciones de los docentes y estudiantes encuestados (Tabla 4) refuerza la valoración positiva de la estrategia implementada, pues el 93% de los estudiantes reconoció que la tecnología facilitó su aprendizaje y el 100% de los docentes consideró que permitió un seguimiento más personalizado. Estas percepciones coinciden con lo planteado por Concha et al. (2023), quienes sostienen que las herramientas digitales contribuyen a la inclusión y participación activa en el aula universitaria cuando se promueve su uso reflexivo y contextualizado.

Los resultados corroboran que la innovación tecnológica puede fortalecer significativamente los procesos de enseñanza-aprendizaje en educación superior, especialmente en áreas aplicadas como el turismo sostenible; sin embargo, su impacto real depende de factores estructurales, pedagógicos y motivacionales que deben ser abordados integralmente. La investigación confirma que, como plantean Vargas et al. (2024), la tecnología no constituye una solución en sí misma, sino un medio para transformar las prácticas educativas hacia modelos más colaborativos, inclusivos y sostenibles.

Con base en las limitaciones y aprendizajes derivados del estudio, se proponen las siguientes recomendaciones para futuras experiencias similares:

1. Ampliar la muestra y diversificar los contextos institucionales para validar los resultados en diferentes entornos.
2. Diseñar intervenciones diferenciadas, según el nivel de alfabetización digital de los participantes.
3. Incorporar un seguimiento longitudinal que evalúe la permanencia de los efectos en el rendimiento académico y las competencias profesionales.



4. Fortalecer la infraestructura tecnológica y accesibilidad digital en los entornos universitarios.
5. Desarrollar análisis comparativos con grupos control que permitan medir con mayor precisión la efectividad de la estrategia tecnológica.

La experiencia desarrollada en la Universidad Amazónica de Pando demuestra que las estrategias de innovación tecnológica, cuando se implementan con una visión pedagógica crítica y contextualizada, constituyen un camino viable para elevar la calidad del aprendizaje universitario. El éxito de estas iniciativas requiere superar la brecha digital, fortalecer la formación docente en competencias tecnopedagógicas y consolidar una cultura institucional orientada a la sostenibilidad educativa. Este estudio contribuye al debate contemporáneo sobre la transformación digital de la educación superior latinoamericana, evidenciando que la tecnología puede convertirse en un motor de inclusión, creatividad y desarrollo académico sostenible.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos confirman que la Estrategia de Innovación Tecnológica implementada en la asignatura Desarrollo de Productos Turísticos tuvo un impacto positivo en el rendimiento académico, la motivación y la participación estudiantil. El promedio general de calificaciones se incrementó de 55/100 a 74/100 y la asistencia pasó de 68 % a 91 %, lo cual demuestra una mejora en el compromiso con el proceso educativo. El 81 % de los estudiantes alcanzó niveles de desempeño satisfactorio o excelente en los proyectos finales, integrando criterios de sostenibilidad y un uso pertinente de recursos digitales. La percepción favorable del 93 % de los estudiantes y del 100 % de los docentes ratifica la efectividad de la estrategia, consolidando el papel de las tecnologías como mediadoras del aprendizaje activo, reflexivo y colaborativo.

La estrategia diseñada se fundamentó en un enfoque pedagógico activo y participativo, incorporando herramientas tecnológicas que respondieron a las necesidades detectadas mediante encuestas diagnósticas y el análisis de notas del semestre anterior. Este diagnóstico permitió comprender el estado del uso de recursos didácticos en la carrera de Turismo y su relación con el rendimiento académico. A partir de ello, se elaboró una propuesta didáctica basada en actividades interactivas, gamificadas y colaborativas, que generaron impactos en la motivación estudiantil y el incremento de la participación activa, contribuyendo así a la mejora del desempeño académico.

La investigación aporta evidencia empírica relevante a la literatura sobre tecnologías educativas, pues permite demostrar que el uso de estrategias tecnológicas integradas y contextualizadas mejora el rendimiento académico, potencia la motivación, la participación activa y la autonomía del estudiante en contextos de formación aplicada como el Turismo Sostenible. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de promover enfoques pedagógicos innovadores que articulen tecnología, sostenibilidad y participación crítica en la educación superior.

## AGRADECIMIENTOS

La autora expresa su agradecimiento a la Universidad Amazónica de Pando (UAP) por el respaldo institucional brindado durante el desarrollo de la investigación, así como a la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM) por su valiosa colaboración académica y técnica en el marco del convenio interinstitucional entre ambas universidades. Se reconoce el compromiso del cuerpo docente y estudiantil de la carrera de Turismo Sostenible de la UAP, cuya participación activa y disposición al cambio constituyeron elementos esenciales para el logro de los objetivos propuestos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bates, A.W. (2015). *La Enseñanza en la Era Digital: Una Guía para la Enseñanza y el Aprendizaje*. Asociación de Investigación. [https://opentextbc.ca/teachinginadigitalage/wp-content/uploads/sites/29/2019/10/La-Ensen%CC%83anza-en-la-Era-Digital\\_vSP.pdf](https://opentextbc.ca/teachinginadigitalage/wp-content/uploads/sites/29/2019/10/La-Ensen%CC%83anza-en-la-Era-Digital_vSP.pdf)
- Camacho, R., Rivas, C., Gaspar, M. & Quiñonez, C. (2020). Innovación y tecnología educativa en el contexto actual latinoamericano. *Revista de Ciencias Sociales*, 26, 460-472. <https://www.redalyc.org/journal/280/28064146030/html/>
- Campos, R. (2021). Modelos de integración de la tecnología en la educación de personas que desempeñan funciones ejecutivas y de dirección: el TPACK y el SAMR. *Revista Actualidades Investigativas en Educación*, 21(1), 1-27. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/aie/v21n1/1409-4703-aie-21-01-429.pdf>
- Concha, J., Quispe, M.E. & Quispe, M. (2023). Importancia del uso de las herramientas digitales en la inclusión educativa. *Horizontes Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, 7(29), 1374-1386. <https://doi.org/10.33996/revistahorizontes.v7i29.598>
- Gillate, I., Castrillo, J., Luna, U., & Ibañez-Etxeberria, A. (2023). Temas controvertidos y apps para el desarrollo de la competencia social y cívica. Análisis de la efectividad del Proyecto 1936 en la formación inicial docente. *Revista de Psicodidáctica*, 28(1), 51-58. <https://doi.org/10.1016/j.psicod.2022.10.002>
- Gortaire, D., Beltrán, M., Mora, E., Reasco, B., & Rodríguez, M. (2023). Constructivismo y conectivismo como métodos de enseñanza y aprendizaje en la educación universitaria actual. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 14046-14058. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i1.4672](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4672)

- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. & Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6<sup>a</sup> edición). Mc Graw Hill Education.  
[https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_-\\_roberto\\_hernandez\\_sampieri.pdf](https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf)
- Johnson, D.W., Johnson, R.T. & Holubec, E. J. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Editorial Paidós. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/1626-2019-03-15-JOHNSON%20El%20aprendizaje%20cooperativo%20en%20el%20aula.pdf>
- Paredes, D.M., Mero, J.L., Vera, M.J. & Barahona, R.J. (2024). La realidad virtual y realidad aumentada en la educación. *Sinergia Académica*, 7(3), 122-134.  
<https://sinergiaacademica.com/index.php/sa/article/view/242/485>
- Pérez, O. (2024). Aplicaciones Tecnológicas y Recursos Turísticos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(2), 1792-1804. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i2.10616](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.10616)
- Pinheiro, B.R., Moro, M.M. & Martins, I.P. (2023). Aprendizaje basado en problemas: una estrategia pedagógica para la enseñanza en las ciencias de la información y documentación. *Palabra Clave (La Plata)*, 13(1), 1-17.  
<https://www.palabraclave.fahce.unlp.edu.ar/article/view/pce197/18246>
- Vargas-Zúñiga, M.P., Guerrero-Ceja, Y.J., Medina-Morón, E.M. & Salinas-Rodríguez, M.I. (2024). La Implementación de la Tecnología para el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje. *Revista Tecnológica Educativa Docentes 2.0*, 17(2), 286-295.  
<https://doi.org/10.37843/rted.v17i2.565>

**Propuesta de Migración de Red HFC Centralizada a Arquitectura de Acceso  
Distribuido en COSETT R.L.**

***Proposal for Migration from Centralized HFC Network to Distributed Access  
Architecture at COSETT R.L.***

**Autor:** Carlos Israel Flores García  ORCID

Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM), Bolivia

**Cómo citar este artículo:**

**American Psychological Association, 7.<sup>a</sup> edición (APA 7):**

Flores García, C.I. (2025). Propuesta de migración de red HFC centralizada a arquitectura de acceso distribuido en COSETT R.L. *Boletín Científico Fronteras Tecnológicas*, 1(1), 95-122.

**Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE):**

C.I. Flores García, “Propuesta de migración de red HFC centralizada a arquitectura de acceso distribuido en COSETT R.L.”, *Boletín Científico Fronteras Tecnológicas*, vol. 1, no. 1, 95-122, 2025. [En línea].

## RESUMEN

El estudio analiza las limitaciones técnicas y operativas de las redes híbridas de fibra y coaxial (HFC) con arquitectura centralizada, considerando como caso de aplicación la red de COSETT R.L. en Tarija, Bolivia. El objetivo principal fue diseñar una propuesta de migración hacia la Arquitectura de Acceso Distribuido (DAA) mediante la incorporación de tecnologías *Remote PHY Device* (RPD) o *Remote MAC-PHY Device* (RMD). La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto. Se emplearon entrevistas al personal técnico, guías de observación y análisis documental. La validación de hipótesis se realizó mediante un diseño preexperimental con el uso de pretest–postest y prueba de Chi-cuadrado. Los resultados evidencian que la migración hacia DAA mejora el aprovechamiento del espectro, reduce la latencia, incrementa las velocidades de acceso, disminuye el consumo energético y optimiza el espacio físico en las cabeceras. En el ámbito económico, se constató una reducción significativa de los costos operativos (OPEX) y la modernización del *core* con mayor escalabilidad tecnológica, en concordancia con los estándares DOCSIS 3.1 y 4.0. Se concluye que la transición de la red HFC centralizada a arquitectura de acceso distribuido en COSETT R.L. es técnica y económicamente viable, aportando eficiencia operativa, sostenibilidad y mejora en la calidad del servicio. La propuesta constituye un modelo replicable para operadores de telecomunicaciones de la región que buscan modernizar sus infraestructuras.

*Palabras clave:* Arquitectura de Acceso Distribuido (DAA), Red Híbrida de Fibra y Coaxial (HFC), DOCSIS 3.1/4.0, Remote MAC-PHY Device (RMD), modernización de redes HFC.



## ABSTRACT

The study analyzes the technical and operational limitations of hybrid fiber-coaxial (HFC) networks with centralized architecture, considering the COSETT R.L. network in Tarija, Bolivia, as a case study. The main objective was to design a proposal for migration to Distributed Access Architecture (DAA) through the incorporation of Remote PHY Device (RPD) or Remote MAC-PHY Device (RMD) technologies. The research was conducted using a mixed approach. Interviews with technical staff, observation guides, and document analysis were used. Hypothesis validation was performed using a pretest-posttest pre-experimental design with a chi-square test. The results show that migration to DAA improves spectrum utilization, reduces latency, increases access speeds, decreases energy consumption, and optimizes physical space at the headend. In economic terms, there was a significant reduction in operating costs (OPEX) and modernization of the core with greater technological scalability, in accordance with DOCSIS 3.1 and 4.0 standards. It is concluded that the transition from a centralized HFC network to a distributed access architecture at COSETT R.L. is technically and economically viable, providing operational efficiency, sustainability, and improved service quality. The proposal constitutes a replicable model for telecommunications operators in the region seeking to modernize their infrastructure.

*Keywords:* Distributed Access Architecture (DAA), Hybrid Fiber Coaxial (HFC) Network, DOCSIS 3.1/4.0, Remote MAC-PHY Device (RMD), HFC network modernization.

## INTRODUCCIÓN

Durante la última década, el crecimiento exponencial en el uso de Internet y servicios digitales ha puesto a prueba la capacidad de las redes de telecomunicaciones. Aplicaciones como el *streaming* de video, los juegos en línea y las plataformas en la nube demandan mayores velocidades, baja latencia y alta estabilidad de conexión (Ooka et al., 2022). En este contexto, las redes híbridas de fibra y coaxial (HFC), ampliamente utilizadas en América Latina, presentan limitaciones derivadas de su diseño centralizado. Este diseño concentra funciones críticas en cabeceras y *hubs*, lo cual genera cuellos de botella en el procesamiento, elevados consumos energéticos y restricciones de escalabilidad (Lee & Leonard, 2023).

Diversos estudios sobre la evolución del estándar DOCSIS indican que las versiones 3.1 y 4.0 permiten teóricamente alcanzar velocidades de hasta 10 Gbps y optimizar el uso del espectro; no obstante, varios análisis técnicos y de campo muestran que ese potencial suele verse limitado por las restricciones de la infraestructura HFC tradicional y los cuellos de botella asociados a su arquitectura centralizada (Ivanets et al., 2024). En respuesta a estas limitaciones, la Arquitectura de Acceso Distribuido (DAA), basada en tecnologías como *Remote PHY Device* (RPD) y *Remote MAC-PHY Device* (RMD), emergen como una alternativa innovadora que posibilita la descentralización de funciones, la reducción de la latencia y una mayor eficiencia energética (Abdel Aleem et al., 2024).

La presente investigación se justifica por la necesidad de garantizar la sostenibilidad operativa y financiera de COSETT R.L., un operador regional que enfrenta la creciente

competencia de tecnologías basadas en fibra óptica y la constante demanda de servicios de mayor velocidad y calidad. La migración hacia una arquitectura de acceso distribuido (DAA) representa una oportunidad para optimizar la infraestructura existente, mejorar la eficiencia energética, reducir costos operativos y elevar la calidad del servicio de manera sostenible.

El estudio contribuye al conocimiento académico y técnico sobre la modernización de redes HFC en contextos regionales, al ofrecer un análisis basado en estándares internacionales y soluciones tecnológicas replicables. De esta manera, la investigación fortalece el ecosistema de telecomunicaciones local y genera evidencia y lineamientos que pueden ser utilizados por otros operadores y estudiosos del área, ampliando el conocimiento existente sobre la implementación de arquitecturas DAA en redes híbridas de fibra y coaxial (Schnitzer et al., 2021).

En este marco, la investigación se centró en diseñar una propuesta de migración de la red HFC centralizada de COSETT R.L. hacia una Arquitectura de Acceso Distribuido (DAA) mediante tecnologías *Remote PHY Device* (RPD) y *Remote MAC-PHY Device* (RMD). Para lograrlo, se abordaron diversos aspectos complementarios: se diagnosticaron las limitaciones técnicas y operativas de la red HFC centralizada, se compararon indicadores clave entre el modelo centralizado y la arquitectura DAA, y se validaron estadísticamente los beneficios obtenidos en escenarios de migración. El objetivo general de la investigación fue desarrollar una propuesta integral que permitiera modernizar la red HFC centralizada hacia una arquitectura distribuida eficiente, escalable y alineada con estándares internacionales de telecomunicaciones.

## METODOLOGÍA

La investigación adoptó un enfoque mixto para asegurar un análisis integral del proceso de migración tecnológica. Se empleó un diseño preexperimental con el uso de pretest–posttest, lo que permitió medir y comparar el comportamiento de los principales indicadores técnicos y económicos de la red HFC centralizada antes y después de simular su transición hacia una Arquitectura de Acceso Distribuido (DAA). Para ello, se modelaron escenarios basados en la implementación de tecnologías *Remote PHY Device* (RPD) y *Remote MAC-PHY Device* (RMD), cuya evaluación permitió contrastar el rendimiento actual de la red con los valores proyectados bajo un entorno descentralizado, generando evidencia empírica sobre la magnitud de las mejoras esperadas. Véase: Tabla 1.

**Tabla 1**

*Comparación de indicadores técnicos y operativos entre la red HFC centralizada y el escenario de modernización DAA*

Indicadores	Red HFC Actual	Modernización Red HFC DAA	Unidad Escala	Cambio observado $x_t^2 = 6.63$
Funciones trasladadas al nodo	0	90	%	90
Cantidad de MD soportadas	30	122	Unidad	69.38
Uso de espectro de frecuencia	1	1.8	GHz	0.36
Reducción de tráfico en el <i>core</i>	0	40	%	40
Latencia promedio de red CMTS/vCMTS - CM	13.945	8.828	Ms	2.97
Velocidad de acceso CM	60	300	Mbps	192.00
Número de portadoras DS por MD	24	64	Nº de canales	25.00

Número de portadoras US por MD	4	16	N° de canales	9.00
Consumo energético total	17.2	2.9	kW	70.51
Uso de espacio físico total	152	11	RU	1807.36

*Nota.* Los datos muestran los cambios en indicadores técnicos y operativos de la red HFC de COSETT R.L. tras la simulación de migración hacia DAA. Fuente: Elaboración propia.

La población de estudio estuvo constituida por la red HFC de COSETT R.L., integrada por dos cabeceras principales: el *Headend* y *Hub* La Torre, que soportan 30 y 27 nodos respectivamente, para un total de 57. Ambas instalaciones operan mediante *CMTS Cisco UBR10012*, equipos que actualmente se encuentran en estado de obsolescencia tecnológica y fuera de soporte del fabricante, lo que implica una creciente vulnerabilidad operativa ante fallas críticas. De manera similar, los nodos ópticos de acceso —*Cisco GS7000* y *Commscope SG4000*— alcanzan su fecha de fin de soporte (EOS/EOL) en 2025, lo que compromete su continuidad operativa y dificulta la ampliación hacia estándares más recientes. Para el estudio se consideraron los 57 nodos de ambas cabeceras, lo que representa el 100% de la infraestructura y asegura la representatividad y pertinencia técnica del análisis.

Para evaluar los efectos de la migración de la red HFC centralizada de COSETT R.L. hacia una Arquitectura de Acceso Distribuido (DAA), se diseñó un proceso metodológico que permitió medir de manera cuantitativa y cualitativa los cambios en los indicadores técnicos y económicos. Este enfoque contempló la comparación entre el estado actual de la red y el escenario proyectado bajo DAA, considerando los beneficios esperados en eficiencia operativa, calidad del servicio, reducción de costos, optimización de recursos físicos y energéticos. De esta manera, se estableció

un marco sólido para aplicar técnicas estadísticas que validaran la efectividad de la propuesta de modernización de forma rigurosa y confiable.

La efectividad de la implementación de la Arquitectura de Acceso Distribuido (DAA) en la red HFC de COSETT R.L. se evaluó mediante la prueba de Chi-cuadrado con un nivel de significancia de  $\alpha = 0,01$ . Los resultados obtenidos a partir de los indicadores técnicos y económicos superaron el valor crítico establecido, lo que permitió confirmar de manera estadística que la migración a DAA generó mejoras importantes en la eficiencia operativa, optimizó la calidad del servicio y contribuyó a la reducción de los costos operativos de la red. Estos hallazgos proporcionan evidencia cuantitativa sólida sobre la viabilidad y los beneficios de modernizar la infraestructura HFC mediante tecnologías RPD y RMD.

Para recopilar información relevante que garantizara un análisis integral de la red HFC y su transición hacia DAA, se emplearon diversos instrumentos de recolección de datos. Se realizaron entrevistas semiestructuradas al personal técnico de Operación y Mantenimiento, con el fin de obtener información detallada sobre la infraestructura física, las prácticas de mantenimiento, el consumo eléctrico y la climatización de las instalaciones. Se utilizó una guía de observación que permitió comparar los indicadores técnicos entre el modelo HFC centralizado y el escenario DAA, incluyendo aspectos como funciones trasladadas al nodo, uso del espectro, latencia, consumo energético y ocupación de espacio en rack. Asimismo, se llevó a cabo un análisis documental de manuales técnicos, normas internacionales (DOCSIS, CableLabs, SCTE) y registros internos de COSETT R.L. para sustentar la evaluación de desempeño y validar los datos obtenidos de manera empírica.

Con el propósito de complementar los instrumentos de recolección de datos y garantizar un análisis sistemático de la red HFC frente al escenario de modernización DAA, se emplearon diversas herramientas tecnológicas. La Tabla 2 presenta los instrumentos utilizados en tres categorías principales: recolección técnica, procesamiento/análisis y soporte documental. En la recolección técnica se consideraron mediciones directas de métricas de red, pruebas de latencia y *throughput*, registros de consumo eléctrico y levantamiento físico de racks. El procesamiento incluyó consolidación de datos, normalización y análisis estadístico mediante Chi-cuadrado, así como la construcción de diagramas y tablas comparativas para los escenarios DAA. El soporte documental abarcó manuales, hojas de datos, normas y procedimientos internos de operación y mantenimiento, que sirvieron de referencia para validar la información y garantizar la precisión de los análisis.

**Tabla 2**

*Herramientas tecnológicas empleadas en la evaluación de la red HFC y su modernización hacia DAA*

Categoría	Herramientas / Técnicas utilizadas	Descripción / Propósito
<b>Recolección técnica</b>	Lectura de métricas en CMTS/vCMTS y nodos HFC mediante CLI y telemetría DOCSIS	Permite obtener indicadores de desempeño de la red y estado de los equipos.
	ICMP ping para latencia	Medición de la latencia en diferentes horarios con tráfico normal y pico.
	Pruebas de throughput controladas (Speedtest Ookla, Fast u otras equivalentes)	Evaluación de velocidades de acceso en escenarios de prueba controlados.
	Registros de consumo eléctrico de equipos y climatización (PDU, inversor, bitácoras internas)	Permite analizar eficiencia energética y consumo de la infraestructura.

	Inventario físico de racks (RU) y distribución de equipos	Evaluación del uso del espacio físico y organización de la infraestructura.
<b>Procesamiento / Análisis</b>	Hojas de cálculo para consolidación de datos, normalización y prueba Chi-cuadrado	Procesamiento estadístico y preparación de datos para análisis comparativo.
	Diagramas y tablas comparativas para escenarios DAA (RPD/RMD)	Visualización y comparación de la red HFC centralizada frente al escenario DAA.
<b>Soporte documental</b>	Manuales y especificaciones técnicas, hojas de datos, normas y procedimientos internos de O&M	Referencia para validar procedimientos, configuraciones y cumplimiento de estándares.

*Nota.* La tabla presenta las herramientas utilizadas para recolección, análisis y soporte documental, indicando su propósito en la evaluación de desempeño de la red HFC. Fuente: Elaboración propia.

La metodología aplicada permitió abordar de manera integral la evaluación de la red HFC de COSETT R.L. y su transición hacia una Arquitectura de Acceso Distribuido (DAA). La combinación de técnicas cuantitativas y cualitativas, la utilización de instrumentos de recolección de datos, herramientas tecnológicas y análisis estadístico, así como la revisión de documentación técnica y estándares internacionales, garantizó la confiabilidad de los resultados. Este enfoque integral facilitó la medición de los indicadores técnicos y económicos antes y después de la simulación de migración. Además, proporcionó evidencia empírica pertinente para fundamentar la viabilidad técnica, operativa y energética de la propuesta de modernización de la red.



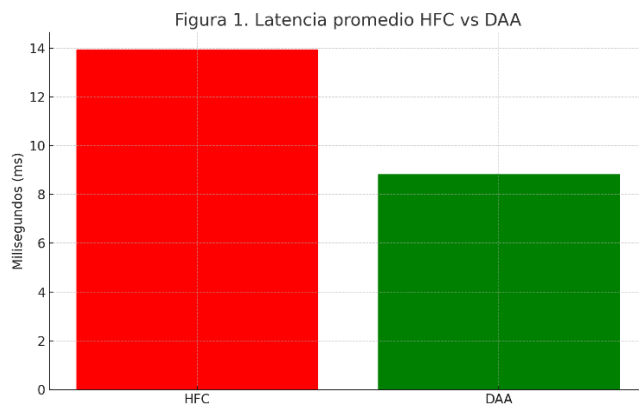
## RESULTADOS

La comparación pretest–postest entre la red HFC centralizada y el escenario de Arquitectura de Acceso Distribuido (DAA) evidenció mejoras significativas en los indicadores técnicos, económicos y ambientales de la red. Se observaron aumentos en la eficiencia operativa, reducción de la latencia, optimización en el uso del espectro y mayores velocidades de acceso, junto con disminuciones en el consumo energético y la ocupación del espacio físico.

Estos hallazgos confirman que la transición hacia una Arquitectura de Acceso Distribuido (DAA) aporta beneficios claros y medibles para la modernización de la infraestructura de COSETT R.L. La latencia promedio en la red centralizada se redujo de 13,945 ms a 8,828 ms en el escenario DAA, lo que representa una mejora aproximada del 36,7%. Véase: Figura 1.

**Figura 1**

*Latencia promedio HFC vs DAA*



*Nota.* La figura muestra la latencia promedio. Fuente: Elaboración propia.

Esta disminución impacta positivamente en la experiencia del usuario, especialmente en aplicaciones sensibles al retardo como *streaming* de video, videoconferencia y servicios

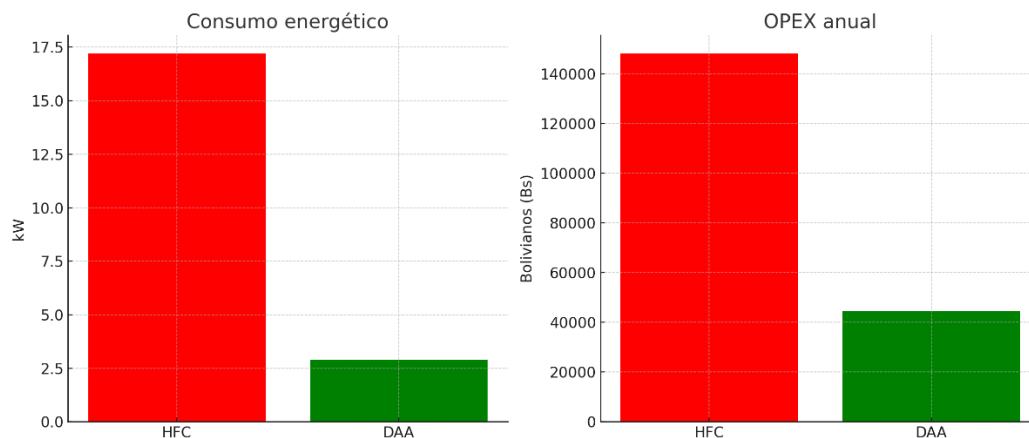
interactivos. La reducción de latencia se debe a la descentralización de funciones críticas mediante los nodos RPD y RMD, que procesan localmente el tráfico, disminuyendo la carga en el *core* de la red.

La modernización de la red hacia DAA permitió reducir el consumo energético de 17,2 kW a 2,9 kW, lo cual significó un ahorro del 83%. Como consecuencia, los costos operativos anuales asociados a energía y climatización descendieron de 148,204 Bs. a 44,461 Bs., lo que representa una disminución de aproximadamente 70%. Este ahorro refleja la eficiencia energética derivada de la virtualización de funciones, la eliminación de módulos redundantes en la cabecera, y la optimización del sistema de climatización al disminuir la carga térmica. Véase: Figura 2.

**Figura 2**

*Costos operativos anuales (OPEX) vs Consumo energético*

Figura 2. Consumo energético y OPEX anual HFC vs DAA



*Nota.* La figura muestra la relación entre la reducción del consumo energético y los costos operativos anuales (OPEX) tras la modernización de la red HFC hacia DAA. Fuente: Elaboración propia.

Como complemento al análisis del desempeño técnico y la optimización de la infraestructura, la Tabla 3 resume los principales indicadores operativos antes y después de la modernización de la red hacia DAA.

**Tabla 3**

*Comparación de indicadores técnicos y operativos de la red HFC antes y después de la modernización hacia DAA*

Indicador	HFC Centralizada	DAA (RPD/RMD)	Impacto principal
Latencia promedio	13.945 ms	8.828 ms	Reducción de ~60%
Consumo energético	17.2 kW	2.9 kW	Disminución de ~83%
OPEX anual (energía + clima)	148,204 Bs	44,461 Bs	Ahorro de ~70%
Espacio en racks (RU)	CMTS centralizado 18–20 RU	RPD/RMD 2–3 RU	Liberación de infraestructura
Espectro utilizable	750 MHz	1.2 GHz	Mayor capacidad
Throughput promedio	500/50 Mbps	1–2 Gbps / 500 Mbps	Incremento de capacidad

*Nota.* La tabla muestra los cambios en desempeño técnico, eficiencia energética y ocupación de infraestructura tras la implementación de la Arquitectura de Acceso Distribuido (DAA) en la red de COSETT R.L. Fuente: Elaboración propia.

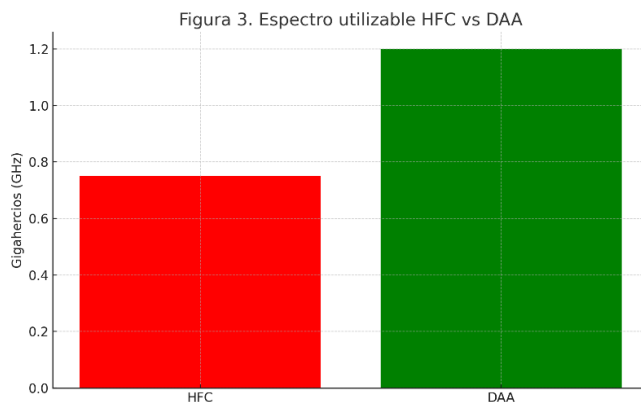
Se evidencia un incremento significativo en el *throughput* promedio, pasando de 500/50 Mbps a 1–2 Gbps/500 Mbps. El espectro utilizable se amplió de 750 MHz a 1,2 GHz, lo cual permitió habilitar más portadoras ascendentes y descendentes. La ocupación de racks se redujo de 152 RU a 11 RU, liberando espacio físico y simplificando la operación en las cabeceras. Estos

resultados destacan la capacidad de DAA para mejorar simultáneamente el rendimiento técnico y la eficiencia en el uso de la infraestructura.

La expansión del espectro disponible, de 750 MHz a 1,2 GHz, permitió un incremento en la capacidad de la red y la posibilidad de soportar un mayor número de servicios concurrentes sin comprometer la calidad. Véase: Figura 3.

**Figura 3**

*Ampliación del uso de espectro de frecuencia*



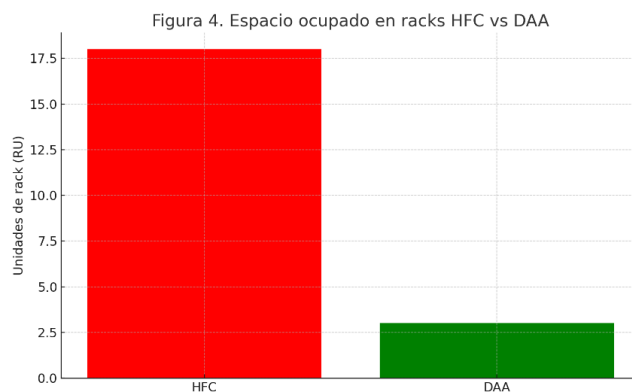
*Nota.* La figura muestra el incremento en el espectro utilizable de la red HFC tras la transición hacia DAA. Fuente: Elaboración propia.

Esta mejora se traduce en un aprovechamiento más eficiente del ancho de banda y una reducción de cuellos de botella en el *core* de la red, fortaleciendo la escalabilidad de la infraestructura. Además, incrementa la capacidad de la infraestructura para soportar simultáneamente un mayor número de nodos y usuarios, mejora la calidad del servicio en aplicaciones sensibles a la latencia y facilita la implementación de futuras expansiones o actualizaciones tecnológicas.

El análisis del espacio físico evidencia que la transición hacia nodos RPD y RMD redujo la ocupación total en racks de 152 RU a 11 RU, liberando más del 90% del espacio previamente utilizado. Esta disminución optimiza la gestión de la infraestructura, reduce la complejidad de mantenimiento y disminuye la carga térmica sobre los sistemas de climatización, contribuyendo a una operación más eficiente y sostenible. Además, el espacio liberado permite incorporar nuevos equipos o servicios sin requerir ampliaciones físicas inmediatas, favoreciendo la escalabilidad y flexibilidad de la red para adaptarse a futuras demandas de capacidad y tecnologías emergentes.

**Figura 4**

*Disminución de espacios en racks*



*Nota.* La figura ilustra la reducción significativa del espacio ocupado en racks tras la implementación de DAA, optimizando la infraestructura física de las cabeceras. Fuente: Elaboración propia.

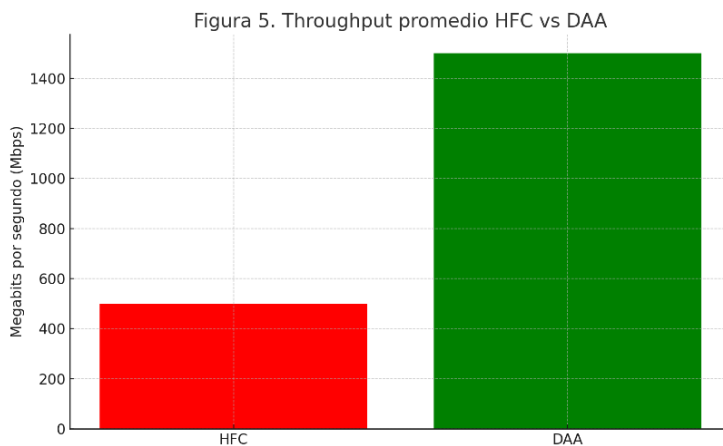
Las pruebas controladas de *throughput* evidenciaron que la modernización hacia DAA incrementa la capacidad de acceso, alcanzando hasta 2 Gbps en *downstream* y 500 Mbps en *upstream*. Este aumento de rendimiento confirma que la red es capaz de soportar servicios multi-gigabit de manera estable y confiable bajo los estándares DOCSIS 3.1 y 4.0, lo que garantiza la

compatibilidad con aplicaciones de alta demanda, como *streaming* en alta definición, videoconferencias y servicios de nube.

Estos resultados validan la viabilidad técnica de la transición hacia una infraestructura modernizada, asegurando que el modelo implementado optimice el rendimiento actual y sea capaz de adaptarse a las demandas futuras de tráfico de datos. La capacidad de la red para manejar un aumento en la carga de trabajo, sin comprometer la calidad del servicio, refuerza la sostenibilidad y escalabilidad de la infraestructura. Además, la transición tecnológica proporciona la flexibilidad necesaria para integrar nuevas soluciones y tecnologías a medida que evolucionen las necesidades de los usuarios, lo que garantiza que la red mantenga un alto nivel de eficiencia operativa a largo plazo. Véase: Figura 5.

**Figura 5**

*Pruebas de Throughput*



*Nota.* La figura muestra los resultados de las pruebas de throughput controladas, evidenciando el incremento de la capacidad de acceso tras la modernización hacia DAA. Fuente: Elaboración propia.

El análisis comparativo entre nodos RPD y RMD muestra diferencias clave en procesamiento, autonomía, requerimientos de *backhaul*, consumo energético y costos. Mientras RPD mantiene cierta dependencia del *core*, RMD procesa localmente tanto la capa MAC como PHY, lo que reduce la latencia y fortalece la escalabilidad de la red. Los resultados de la tabla permiten seleccionar la tecnología más adecuada según la densidad de nodos, el nivel de tráfico y los objetivos de eficiencia energética, facilitando decisiones de diseño alineadas con las necesidades operativas de cada escenario. Este análisis comparativo contribuye a optimizar la planificación de la red, pues permite identificar la alternativa que ofrece el mayor equilibrio entre desempeño, consumo y escalabilidad. Véase: Tabla 4.

**Tabla 4**

*Comparación técnica entre RPD y RMD*

Característica	Remote PHY Device (RPD)	Remote MAC-PHY Device (RMD)
Función principal	Descentraliza las funciones de la capa física (PHY), mientras el procesamiento MAC permanece en el CCAP central o virtualizado (vCMTS).	Integra tanto las funciones MAC como PHY dentro del nodo, eliminando la dependencia del CCAP central.
Procesamiento	El control MAC y la programación de canales se mantienen en el core (vCMTS), lo que permite una gestión centralizada.	El control y asignación de canales se realiza directamente en el nodo, otorgando mayor autonomía operacional.
Requerimientos de backhaul	Requiere mayor capacidad de transporte entre el nodo y el core (generalmente IP/MPLS o L2TPv3).	Menor demanda de tráfico hacia el core, debido al procesamiento local de tramas DOCSIS.
Complejidad de gestión	Moderada: requiere coordinación entre el RPD y el vCMTS mediante GCP (Generic Control Plane).	Más compleja: demanda gestión distribuida y monitoreo avanzado en cada nodo.
Ventajas operativas	Escalabilidad, interoperabilidad multi-vendor, menor costo inicial y facilidad de integración con vCMTS.	Alta autonomía, menor dependencia del core y reducción de latencia adicional en escenarios densos.
Consumo energético estimado	80–150 W (dependiendo del fabricante y capacidad de canales).	150–250 W (por mayor densidad de procesamiento y módulos MAC integrados).

Costo relativo (CAPEX/OPEX)	Menor CAPEX inicial y OPEX reducido por centralización del control.	Mayor CAPEX por nodo y OPEX asociado a mantenimiento descentralizado.
Escenarios de uso recomendados	Ideal para operadores medianos con infraestructura HFC existente que buscan migrar progresivamente a DAA.	Adecuado para operadores con alto tráfico y nodos densos donde la capacidad de procesamiento local justifica el costo.
Ejemplos de implementación	Harmonic RPD, Pebble Gen2, Commscope RD1322, Cisco GS7000 con RPD integrado.	Commscope RMD CH3000, Vecima Entra Access Node, Harmonic RMD G2.

*Nota.* Comparación de características, ventajas, consumo y escalabilidad entre RPD y RMD.

Fuente: Elaboración propia en base a documentación técnica de CableLabs (2025).

Desde la perspectiva económica y energética, la arquitectura DAA generó un ahorro proyectado cercano al 70% del OPEX anual, sustentado principalmente en tres componentes: consumo energético, climatización (HVAC) y mantenimiento técnico. La reducción de potencia de 17,2 kW a 2,9 kW representa un ahorro energético del 83%, equivalente a 125.268 kWh por año, lo que constituye el componente más significativo del ahorro.

La disminución de la carga térmica producida por la liberación de espacio en racks y la eliminación de módulos redundantes reduce la demanda de climatización en un rango estimado de 60% a 65%, lo que impacta proporcionalmente en el consumo eléctrico y en los costos de mantenimiento asociados al sistema HVAC. La simplificación de la infraestructura – particularmente la eliminación de módulos RF, fuentes de poder duplicadas y chasis voluminosos– reduce las intervenciones de mantenimiento preventivo y correctivo aproximadamente en 40%.



El ahorro total anual proyectado puede expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$A_{OPEX} = (C_{\text{energía}} \times 0.83) + (C_{\text{HVAC}} \times 0.65) + (C_{\text{mant}} \times 0.40)$$

donde:

$A_{\text{opex}}$  = Ahorro total anual proyectado (%)

$C_{\text{energía}}$  = Costo anual de energía eléctrica

$C_{\text{HVAc}}$  = Costo anual asociado a climatización

$C_{\text{mant}}$  = Costo anual de mantenimiento técnico

Este modelo de cálculo permite estimar el impacto global de la modernización sobre los costos operativos, confirmando que la transición hacia DAA reduce el OPEX en aproximadamente 70% con respecto a la arquitectura HFC centralizada. Además, la modernización del *core* contribuye a mejorar la escalabilidad tecnológica, facilitando la convergencia eficiente de servicios de video, datos y telefonía, lo cual fortalece la capacidad de la red para soportar futuras actualizaciones bajo estándares DOCSIS 3.1 y 4.0.

En términos de desempeño ambiental, la reducción del consumo energético constituye un resultado medible y científicamente verificable. La potencia total del sistema disminuyó de 17,2 kW a 2,9 kW, generando un ahorro anual de 125.268 kWh. Conforme a las metodologías del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2021) y de la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2023), la emisión de dióxido de carbono evitada se calcula mediante la siguiente expresión:

$$E_{CO_2} = E_{\text{ahorro}} \times FE_{CO_2}$$

donde:

- $E_{CO_2}$ : Emisiones evitadas de CO<sub>2</sub> (kg/año)

- $E_{ahorro}$ : Energía eléctrica ahorrada (kWh/año)
- $FE_{CO_2}$ : Factor de emisión eléctrica del país (kg CO<sub>2</sub>/kWh)

Sustituyendo los valores obtenidos:

$$E_{CO_2} = 125.268 \times 0,40 = 50.107 \text{ kg CO}_2/\text{año} \approx 50,1 \text{ tCO}_2\text{e/año}$$

El resultado equivale a 50,1 toneladas métricas de CO<sub>2</sub> evitadas por año. Proyectado a un horizonte de diez años, representa una reducción acumulada cercana a 500 tCO<sub>2</sub>e, cifra equivalente a la absorción anual de carbono de más de 700 árboles maduros o a las emisiones promedio de aproximadamente 110 automóviles particulares en un año (EPA, 2025). Estos datos refuerzan el valor ambiental del modelo propuesto y demuestran que la migración hacia DAA constituye una estrategia sostenible y técnicamente justificada para la modernización de redes HFC.

Los resultados obtenidos evidencian que la implementación de DAA en la red de COSETT R.L. supera las limitaciones propias de la arquitectura centralizada, incrementa la eficiencia técnica, reduce los costos operativos, y fortalece la sostenibilidad energética y ambiental del sistema. Estos hallazgos consolidan a DAA como un modelo sólido y viable para la modernización tecnológica de la red. La transición hacia arquitecturas distribuidas se posiciona como una estrategia clave para garantizar la competitividad y resiliencia de las redes HFC en el mediano y largo plazo.

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos confirman que la migración de una red HFC centralizada hacia una arquitectura DAA genera beneficios significativos en indicadores técnicos, económicos y ambientales. La reducción de la latencia en más del 36%, el incremento de las velocidades de acceso en cinco veces, la expansión del espectro de 750 MHz a 1,2 GHz y la disminución del consumo energético en más del 80% evidencian la capacidad de DAA para mitigar las limitaciones del modelo centralizado. La validación estadística mediante la prueba de Chi-cuadrado ( $\alpha = 0,01$ ;  $\chi^2 = 6,6349$ ) permitió confirmar que las diferencias observadas son estadísticamente significativas.

Estos resultados son consistentes con experiencias documentadas a nivel internacional. En Estados Unidos, *Comcast* ha implementado la tecnología RPD a gran escala como parte de su iniciativa *Next Generation Access Network*, logrando mejoras importantes en rendimiento de red y eficiencia energética (Heynen, 2023). En Europa, *Liberty Global* ha adoptado soluciones RMD, ha optimizado el uso del espectro y ha reducido costos operativos, mientras que *Vodafone* ha iniciado proyectos de migración hacia *Remote PHY*, focalizándose en ofrecer servicios de mayor capacidad y baja latencia (O'Shea, 2022; Teleste, 2024). Estas experiencias internacionales evidencian que la adopción de DAA mejora el desempeño técnico, así como fortalece la eficiencia operativa y sostenibilidad energética de las redes HFC.

En el contexto latinoamericano, aunque los casos específicos de migración DAA no están ampliamente documentados en la literatura académica, los estudios de mercado y las tendencias regionales muestran un crecimiento significativo del despliegue de FTTH y una presión creciente sobre las redes HFC existentes. La rápida expansión de fibra óptica en países como Brasil y México

ha llevado a los operadores a buscar estrategias de modernización tecnológica que incluyan arquitecturas distribuidas como DAA con el propósito de aumentar la capacidad, reducir costos operativos y mantener la competitividad en servicios de banda ancha de alta velocidad (TelecomLead, 2024; Daxis, 2023). Esto indica que el modelo aplicado en COSETT R.L. representa una estrategia viable y alineada con las tendencias de modernización de la infraestructura en la región.

El alcance del estudio se centró en la modernización del *core* HFC, sin intervenir la planta externa, lo que permitió aprovechar la infraestructura coaxial existente, preservar componentes activos y pasivos como amplificadores, acopladores y *taps*, manteniendo plena compatibilidad con la arquitectura DAA. Este enfoque metodológico garantizó la continuidad operativa durante la migración, redujo el CAPEX necesario y optimizó los recursos de inversión sin afectar la calidad del servicio; no obstante, la evaluación se realizó sobre dos cabeceras y 57 nodos representativos, por lo que los resultados podrían variar en escenarios de mayor escala o topologías híbridas.

Los análisis energéticos y económicos reflejaron ahorros sustanciales, pues la migración a DAA permitió reducir el consumo energético total en más del 80% y los costos operativos anuales en aproximadamente 70%, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental de la red. La reducción estimada de ~50 tCO<sub>2</sub>e/año refuerza esta dimensión sostenible y se alinea con objetivos de eficiencia energética y tendencias regulatorias de modernización de infraestructuras (Heynen, 2023; O'Shea, 2022). Estos resultados demuestran que la modernización tecnológica es viable desde la perspectiva técnica, económica y ambiental.

Los hallazgos de esta investigación tienen implicaciones en tres ámbitos principales. En el campo académico, aportan evidencia empírica sobre la efectividad de arquitecturas distribuidas en

redes HFC, sirviendo como referencia para futuras investigaciones en operadores de mediana escala. En el plano profesional, brindan a COSETT R.L. un modelo de transición gradual hacia DAA que reduce costos operativos, optimiza recursos y mejora la calidad del servicio sin requerir reemplazos inmediatos de la planta externa, demostrando que la modernización tecnológica puede ejecutarse de manera eficiente y segura. Desde el punto de vista ambiental, la reducción estimada de aproximadamente 50 tCO<sub>2</sub>e/año evidencia un aporte a la sostenibilidad energética de la red, en línea con objetivos de eficiencia y regulaciones de modernización de infraestructuras en Bolivia y la región latinoamericana. Estos resultados consolidan la viabilidad técnica, económica y ambiental de la migración hacia DAA, ofreciendo un modelo replicable para otros operadores HFC.

La investigación evidencia que la migración hacia una arquitectura DAA en COSETT R.L. es técnicamente viable, económicamente eficiente y ambientalmente sostenible, pues optimiza la utilización de la infraestructura existente, los costos operativos y el consumo energético. La propuesta realizada del modelo replicable y escalable constituye un referente para operadores de Bolivia y América Latina que buscan modernizar sus redes HFC de manera progresiva, segura y con bajo riesgo financiero. Los hallazgos destacan la importancia de planificar cuidadosamente la transición para soportar demandas futuras de alto ancho de banda, consolidando un marco práctico y estratégico que permita la modernización tecnológica en contextos similares.

## CONCLUSIONES

El estudio confirmó la viabilidad técnica, económica y ambiental de la arquitectura de Acceso Distribuido (DAA) aplicada a la red HFC de COSETT R.L. Los resultados evidencian mejoras significativas en indicadores de desempeño clave, incluyendo la reducción de la latencia, el aumento de la velocidad de acceso, la optimización del espectro, la disminución del consumo energético y la liberación de espacio físico en cabeceras. La validación estadística mediante la prueba de Chi-cuadrado ( $\alpha = 0,01$ ) respaldó la significancia de estas diferencias, otorgando solidez científica a los hallazgos y confirmando la superioridad del modelo DAA frente a la arquitectura centralizada tradicional.

La investigación logró diagnosticar las limitaciones técnicas y operativas de la red HFC centralizada, comparar de manera cuantitativa los indicadores de desempeño entre ambas arquitecturas, así como diseñar una estrategia de migración gradual y replicable que asegura escalabilidad, sostenibilidad y aprovechamiento de la infraestructura existente. Se evidenció una reducción aproximada del 70% en los costos operativos (OPEX), consolidando la eficiencia económica del modelo y su contribución a la sostenibilidad financiera de la red. La modernización enfocada en el *core* HFC demostró beneficios ambientales al maximizar el uso de la red coaxial desplegada, lo cual evita inversiones innecesarias y reduce la huella energética de la operación.

Se recomienda a COSETT R.L. implementar un plan de migración progresivo hacia DAA, priorizando los nodos con mayor congestión y complementando la modernización con programas de capacitación técnica en RPD, RMD y vCMTS. Para otros operadores HFC en la región, la adopción de DAA se perfila como una estrategia viable para mejorar la eficiencia operativa,

prolongar la vida útil de la infraestructura coaxial y enfrentar la competencia de FTTH. Se sugiere profundizar en estudios sobre CAPEX asociado a la implementación de DAA y explorar la integración de tecnologías emergentes, como DOCSIS 4.0 Full Duplex, para evaluar su impacto en entornos latinoamericanos, y consolidar la modernización tecnológica de manera sostenible y escalable.

## AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a la *School of Engineering* (SOE) de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM) por el acompañamiento académico, metodológico y técnico proporcionado durante el desarrollo de esta investigación. Se reconoce la valiosa orientación de los docentes y asesores académicos de la SOE, cuyos aportes contribuyeron significativamente al rigor científico y la calidad del trabajo. Se extiende también un agradecimiento a la familia y colegas, por su apoyo moral y motivación constante, que facilitó el cumplimiento de los objetivos planteados. Se agradece a COSETT R.L. por el acceso a información técnica y conocimiento especializado, fundamentales para la validación de los análisis y resultados de la investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abdel Aleem, S., Balci, M., & Rawa, M.J.H. (2024). *Energy Efficiency of Modern Power and Energy Systems*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2022-0-03251-7>
- CableLabs. (12 de noviembre de 2025). Data-Over-Cable Service Interface Specifications MHA v2. Remote PHY Specification. CableLabs. <https://www.cablelabs.com/specifications/CM-SP-R-PHY>
- Dataxis. (2023). Strong progression of fiber homes passed in Latin America, but low level of actual connections. <https://dataxis.com/researches-highlights/1566796/strong-progression-of-fiber-homes-passed-in-latin-america-but-low-level-of-actual-connections>
- EPA- U.S. Environmental Protection Agency. (24 de febrero de 2025). Greenhouse Gas Equivalencies Calculator. <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>
- Ergen, M., Saoud, B., Shaya, I., El-Saleh, A.A., Ergen, O., Inan, F., & Tuysuz, M.F. (2024). Edge computing in future wireless networks: A comprehensive evaluation and vision for 6G and beyond. *ICT Express*, 10(5), 1151-1173. <https://doi.org/10.1016/j.icte.2024.08.007>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- Heynen, J. (3 de noviembre de 2023). Comcast Continues to Lead DAA Deployments. Dell'Oro Group. <https://www.delloro.com/comcast-continues-to-lead-daa-deployments/>



- IEA. (2023). *CO2 Emissions in 2023*. International Energy Agency.  
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/33e2badc-b839-4c18-84ce-f6387b3c008f/CO2Emissionsin2023.pdf>
- Ivanets, I.D., Ovsiyak, V.K., & Ovsiyak, O.V. (2024). Remote PHY device module for hybrid fiber-coaxial network based on DOCSIS 4.0 standard. *Ukrainian Journal of Information Technology*, 6(2), 117-124. <https://doi.org/10.23939/ujit2024.02.117>
- Jia, Z., Zhang, H., Choutagunta, K., & Campos, L.A. (2025). Coherent passive optical network: applications, technologies, and specification development. *Journal of Optical Communications and Networking*, 17(1), 71–86.  
<https://opg.optica.org/jocn/abstract.cfm?URI=jocn-17-1-A71>
- Lee, K., & Leonard, R. (2023). High-speed internet access and diffusion of new technologies in non-metro areas. *Telecommunications Policy*, 47(9), 1-22.  
<https://doi.org/10.1016/j.telpol.2023.102620>
- Ooka, A., Hayamizu, Y., & Asaeda, H. (2022). HLS and CCNx based high-quality live streaming on on-premises network system. IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops). <https://ieeexplore.ieee.org/document/9882155>
- O'Shea, D. (19 de julio de 2022). Liberty Global taps Commscope for DOCSIS 4.0 RMD platform. Fierce Electronics. <https://www.fierceelectronics.com/broadband/liberty-global-taps-commscope-docsis-40-rmd-platform>
- Schnitzer, J., Prahladan, P., Rahimzadeh, P., Humble, C., Lee, J., & Lee, J. (2021). Toward Programmable DOCSIS 4.0 Networks: Adaptive Modulation in OFDM Channels. *IEEE*

*Transactions on Network and Service Management*, 18(1), 441–455.

<https://doi.org/10.1109/TNSM.2020.3044850>

Simakovic, M., & Cica, Z. (2021). Detection and localization of failures in Hybrid Fiber–Coaxial network using Big Data platform. *Electronics*, 10(23), 1–15.

<https://doi.org/10.3390/electronics10232906>


TelecomLead. (3 de enero de 2024). Latin America’s optical fiber oversupply spurs industry adaptation. TelecomLead. <https://telecomlead.com/broadband/latin-americas-optical-fiber-oversupply-spurs-industry-adaptation-113991>

Teleste. (8 de mayo de 2024). Teleste’s Remote PHY device caters to the needs of VodafoneZiggo’s DOCSIS ecosystem. Teleste. <https://www.teleste.com/news-and-insights/cases/net/telestes-remote-phy-device-caters-to-the-needs-of-vodafoneziggos-docsis-ecosystem/>

Villarruel, F., Eggert, M., Ghuman, H., & Hajduczenia, M. (2022). *Backhaul Capacity for Optics for Remote PHY*. IEEE Technical Report. [https://grouper.ieee.org/groups/802/3/B10K/public/adhoc/18\\_0220/villarruel\\_b10k\\_01a\\_180220.pdf](https://grouper.ieee.org/groups/802/3/B10K/public/adhoc/18_0220/villarruel_b10k_01a_180220.pdf)

## **Modelo Integral de Gestión de Incidentes para Mejorar la Continuidad Operativa en Redes Corporativas**

### ***Comprehensive Incident Management Model to Improve Operational Continuity in Corporate Networks***

**Autor:** Ernesto Armando Salvatierra Arteaga  ORCID

Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM), Bolivia

#### **Cómo citar este artículo:**

##### **American Psychological Association, 7.<sup>a</sup> edición (APA 7):**

Salvatierra Arteaga, E.A. (2025). Modelo integral de gestión de incidentes para mejorar la continuidad operativa en redes corporativas. *Boletín Científico Fronteras Tecnológicas*, 1(1), 123-146.

##### **Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE):**

E.A. Salvatierra Arteaga, “Modelo integral de gestión de incidentes para mejorar la continuidad operativa en redes corporativas”, *Boletín Científico Fronteras Tecnológicas*, vol. 1, no. 1, 123-146, 2025. [En línea].

## RESUMEN

El estudio desarrolla un modelo integral de gestión de incidentes fundamentado en los lineamientos de la norma ISO/IEC 27035, el marco ITIL v4 y los controles CIS, con el propósito de reducir el impacto de los incidentes en la red convergente de la Empresa Internacional de Servicio Courier Express. La investigación adopta un enfoque propositivo y aplicado, sustentado en un diagnóstico del estado actual mediante encuestas, entrevistas y análisis de datos, cuyos resultados revelaron problemas de disponibilidad, tiempos de respuesta y repetición de incidentes. El modelo diseñado incorpora procedimientos estandarizados, roles definidos y flujos de atención orientados a mejorar la detección, análisis y resolución de incidentes. Su validación, realizada a través de indicadores clave de desempeño y análisis estadístico no paramétrico, evidenció mejoras significativas en la disponibilidad de la red, la reducción de incidentes repetidos y la satisfacción de los usuarios internos. Los resultados confirman que la adopción de marcos internacionales y controles de seguridad contribuye de manera efectiva a la continuidad operativa y la optimización del servicio tecnológico.

*Palabras clave:* gestión de incidentes, ISO/IEC 27035, ITIL v4, continuidad del negocio, redes corporativas.

## ABSTRACT

The study develops a comprehensive incident management model based on the guidelines of ISO/IEC 27035, the ITIL v4 framework, and CIS Controls, with the aim of reducing the impact of incidents on the converged network of the International Courier Express Service Company. The research takes a proactive and applied approach, based on a diagnosis of the current state through surveys, interviews, and data analysis, the results of which revealed problems with availability, response times, and incident recurrence. The model designed incorporates standardized procedures, defined roles, and service flows aimed at improving incident detection, analysis, and resolution. Its validation, carried out through key performance indicators and non-parametric statistical analysis, showed significant improvements in network availability, reduction of repeated incidents, and internal user satisfaction. The results confirm that the adoption of international frameworks and security controls effectively contributes to operational continuity and the optimization of technological services.

*Keywords:* incident management, ISO/IEC 27035, ITIL v4, business continuity, corporate networks.

## INTRODUCCIÓN

Las redes y telecomunicaciones han crecido y se han convertido en un factor importante e imprescindible para la continuidad de los negocios en las empresas a nivel mundial y local, por consecuente, se trata de implementar procedimientos para mantener en correcto funcionamiento todo el proceso de telecomunicación. Es así como las compañías se ven con la necesidad de implementar mecanismos de gestión de incidentes óptimos en sus procesos de telecomunicaciones con el fin de garantizar la continuidad del negocio (Jimenez, 2023).

Este es el caso de la Empresa Internacional de Servicio Courier Express, existente en 220 países, empresa líder en la gestión logística y carga, con visibilidad en sus sistemas sobre todos sus envíos desde la partida hasta la entrega en su país de destino. Por esta razón, la gestión de incidentes en la infraestructura es de vital importancia para la continuidad del negocio. La mitigación de riesgos está siempre presente, sin embargo, de una u otra forma los incidentes van a existir, de tal forma el análisis del impacto juega un papel imprescindible para continuar con la operativa esperada con la menor afectación.

El presente trabajo propone entregar un Modelo de Gestión de incidentes de redes para reducir el impacto en la infraestructura de red convergente de esta empresa, para controlar la calma y crisis de los usuarios al presenciar la caída de sus servicios y de esta forma reducir los reclamos en el servicio, mantener conformes a los clientes internos y externos y por, sobre todo: garantizar la continuidad del negocio.

La investigación se fundamenta en la necesidad de comprender y aplicar los controles establecidos por el Center for Internet Security (CIS) y las directrices de la Norma ISO 27035 en el contexto de la gestión de incidentes de seguridad en redes convergentes. Al explorar conceptos teóricos y estudios relacionados, se busca determinar cómo mitigar los riesgos inherentes a la

infraestructura de red de la Empresa Internacional de Servicio Courier Express finalizando con la aplicación de las buenas prácticas de ITIL V4.

Se destaca el trabajo de Tibaquira (2015), que subraya la importancia de realizar la valoración del riesgo mediante una metodología estructurada, así como la evaluación de los incidentes de acuerdo con los criterios definidos para cada actividad. También señala que, aunque se trabaje en paralelo estas actividades, la definición de un plan de tratamiento del riesgo constituye un insumo para la decisión de la acción que se debe ejecutar según los resultados de la evaluación (Tibaquira, 2015). En el proceso de gestión de incidentes se da una respuesta al mismo, y se validan las lecciones aprendidas; por otro lado, se toma una decisión frente al riesgo ocasionado por el incidente, se comunica y realiza un monitoreo sobre el mismo, según los criterios definidos para la gestión de riesgos. Estos elementos se analizan a partir del estudio de la Empresa Internacional de Servicio Courier Express.

La Empresa Internacional de Servicio Courier Express enfrenta desafíos en la gestión de incidentes en su red convergente. La aplicación de un modelo basado en estándares reconocidos como ISO 27035 y los Controles CIS, permite reducir el impacto de los incidentes y garantizar la continuidad del negocio. A partir de esta comprensión, el estudio se orienta al diseño de un modelo estructurado de gestión de incidentes adaptado a la realidad tecnológica de la organización, articulado con los principios de ISO 27035, ITIL v4 y CIS.

El modelo propuesto integra procesos, roles, flujos de atención y mecanismos de documentación destinados a mejorar la detección, análisis y resolución de incidentes. Se realiza la validación mediante pruebas de funcionamiento, seguimiento sistemático de incidencias y análisis de indicadores clave de desempeño permitirá determinar su efectividad para reducir el impacto

operativo, mejorar la satisfacción de los usuarios y fortalecer la continuidad del negocio dentro de la Empresa Internacional de Servicio Courier Express.

## METODOLOGÍA

Luego de realizar un estudio descriptivo sobre el impacto de la gestión de incidentes en la red y servicios, se propone un modelo de gestión de incidentes para la red convergente, basado en los lineamientos de la norma ISO 27035, ITIL v4 y controles CIS, dirigido a reducir el impacto en la gestión de incidentes de redes en la Empresa Internacional de Servicio Courier Express. Esta investigación permite brindar solución a los problemas prácticos relacionados con la gestión de incidentes de redes en la red convergente de la Empresa Internacional de Servicio Courier Express.

La población de la presente investigación estuvo constituida por el personal de la Empresa Internacional de Servicio Courier Express, conformada por 90 colaboradores. Este grupo incluyó a todos los empleados que participan directa o indirectamente en los procesos operativos y administrativos de la empresa, lo que permitió abarcar distintos niveles de responsabilidad y áreas funcionales. La selección de esta población se fundamenta en la necesidad de comprender de manera integral la gestión de incidentes y su impacto en la continuidad operativa, garantizando que los datos recopilados reflejen la realidad de los procedimientos internos y la toma de decisiones en la organización.

El proceso metodológico de la presente investigación se estructuró en cuatro fases, orientadas a garantizar el rigor científico y la replicabilidad del estudio. En una primera fase, se realizó un diagnóstico de la situación actual de la gestión de incidentes en la red corporativa de la empresa objeto de estudio, mediante la identificación, clasificación y análisis de los incidentes registrados, así como de los procedimientos existentes para su atención. Esta etapa permitió reconocer debilidades, riesgos operativos y brechas en la continuidad del servicio.



En una segunda fase, se desarrolló el marco teórico, sustentado en la revisión sistemática de literatura especializada, normas y buenas prácticas relacionadas con la gestión de incidentes y la continuidad operativa, tales como ISO/IEC 27035, ITIL v4 y controles CIS. Este análisis teórico proporcionó los fundamentos conceptuales y normativos necesarios para orientar el diseño de la propuesta de solución.

En la tercera fase se elaboró la propuesta de solución, consistente en un modelo integral de gestión de incidentes, diseñado a partir de los hallazgos del diagnóstico y alineado con los lineamientos establecidos en los marcos normativos analizados. La propuesta incorporó procesos, roles, controles y mecanismos de monitoreo orientados a mejorar la disponibilidad de la red y fortalecer la continuidad operativa.

En la cuarta fase, se llevó a cabo la validación de la propuesta, mediante la evaluación de su pertinencia, coherencia y aplicabilidad en el contexto organizacional estudiado. Esta validación permitió verificar el cumplimiento de los objetivos planteados y determinar el potencial impacto del modelo propuesto en la mejora de la gestión de incidentes y la continuidad del negocio.

Con el propósito de garantizar el tratamiento sistemático de la información y un adecuado soporte al proceso metodológico, la investigación empleó diversas herramientas tecnológicas orientadas al análisis de datos, la gestión bibliográfica, la simulación y modelado de procesos. La selección de estas herramientas respondió a criterios de accesibilidad, confiabilidad y pertinencia con los objetivos del estudio, asegurando su adecuada aplicación en cada fase de la investigación. Estas herramientas permitieron organizar, procesar y representar la información de manera clara y estructurada, contribuyendo a la rigurosidad del estudio y la correcta interpretación de los resultados.

**Tabla 1**

*Herramientas tecnológicas utilizadas en la investigación*

<b>Categoría</b>	<b>Herramienta / Tecnología</b>	<b>Uso en la investigación</b>
Análisis de datos	Microsoft Office	Procesamiento, organización y análisis básico de datos, así como elaboración de tablas y gráficos para la presentación de resultados.
Gestión bibliográfica	Microsoft Office	Organización y sistematización de referencias bibliográficas y apoyo en la redacción del marco teórico.
Simulación y modelado	Microsoft Visio	Diseño y modelado de diagramas de procesos, flujos de gestión de incidentes y representación gráfica del modelo propuesto.
Simulación y modelado	Lucidchart	Elaboración de diagramas y esquemas conceptuales para la visualización de la arquitectura del modelo de gestión de incidentes.

*Nota.* La tabla incluye las herramientas tecnológicas utilizadas en la investigación. Fuente: Elaboración propia.

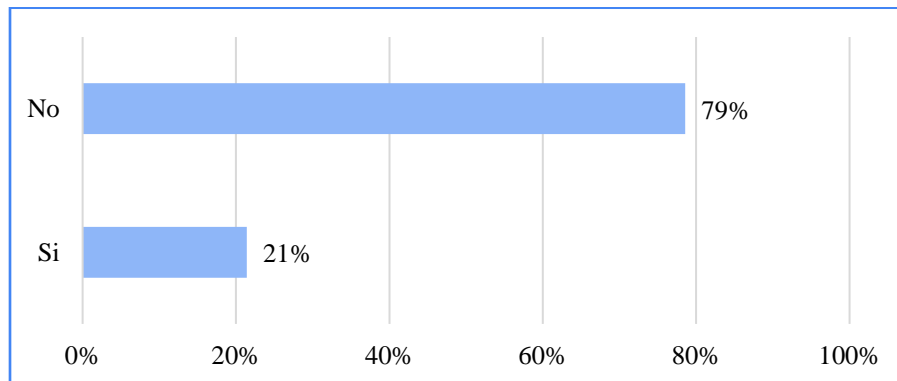
La metodología adoptada permitió analizar de manera sistemática la gestión de incidentes en la red convergente de la Empresa Internacional de Servicio Courier Express mediante la articulación del diagnóstico de la situación actual, un sustento teórico-normativo relevante y el diseño de una propuesta alineada con estándares internacionales. La secuencia de fases desarrolladas, junto con la participación integral de la población de estudio y el uso de herramientas tecnológicas pertinentes, garantizó la rigurosidad, validez y replicabilidad del proceso investigativo. Todo ello proporcionó una base metodológica consistente con la evaluación del modelo propuesto para su contribución a la mejora de la continuidad operativa y la disponibilidad de los servicios de red.

## RESULTADOS

Al inicio del proceso investigativo, el análisis de la frecuencia de incidentes recurrentes en la red evidenció que el 79 % de los encuestados manifestó no haber tenido que reportar el mismo problema de red de forma reiterada durante el mes previo a la aplicación de la encuesta. Como se puede apreciar en la Figura 1, el 21 % indicó haber enfrentado incidentes repetidos, lo que pone de manifiesto la existencia de recurrencias que requieren atención.

**Figura 1**

*Porcentaje de frecuencia de problemas repetidos de red*



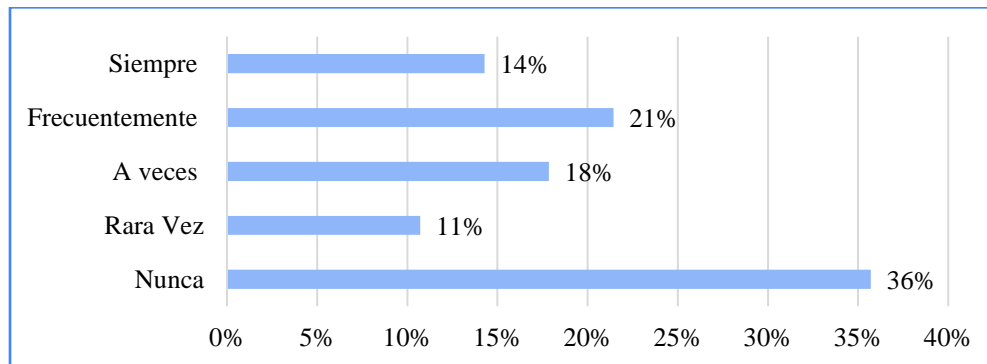
*Nota.* La figura muestra en por ciento la frecuencia de problemas repetidos en la red. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos muestran que el 35,7 % de los encuestados señaló no haber experimentado interrupciones durante la ejecución de tareas críticas, lo que sugiere un nivel aceptable de estabilidad en determinados procesos de la red; sin embargo, el 17,9 % indicó que las interrupciones se presentan de manera ocasional, mientras el 21,4 % manifestó que estas ocurren con frecuencia. Asimismo, un 14,3 % afirmó que las interrupciones se producen de forma constante, evidenciando la presencia de fallas recurrentes que pueden afectar la continuidad

operativa y el desempeño de las actividades críticas de la organización, tal como se ilustra en la Figura 2.

**Figura 2**

*Porcentaje de frecuencia de interrupciones en tareas críticas*



*Nota.* La figura muestra la frecuencia de las interrupciones en tareas críticas mediante una escala de Likert. Fuente: Elaboración propia.

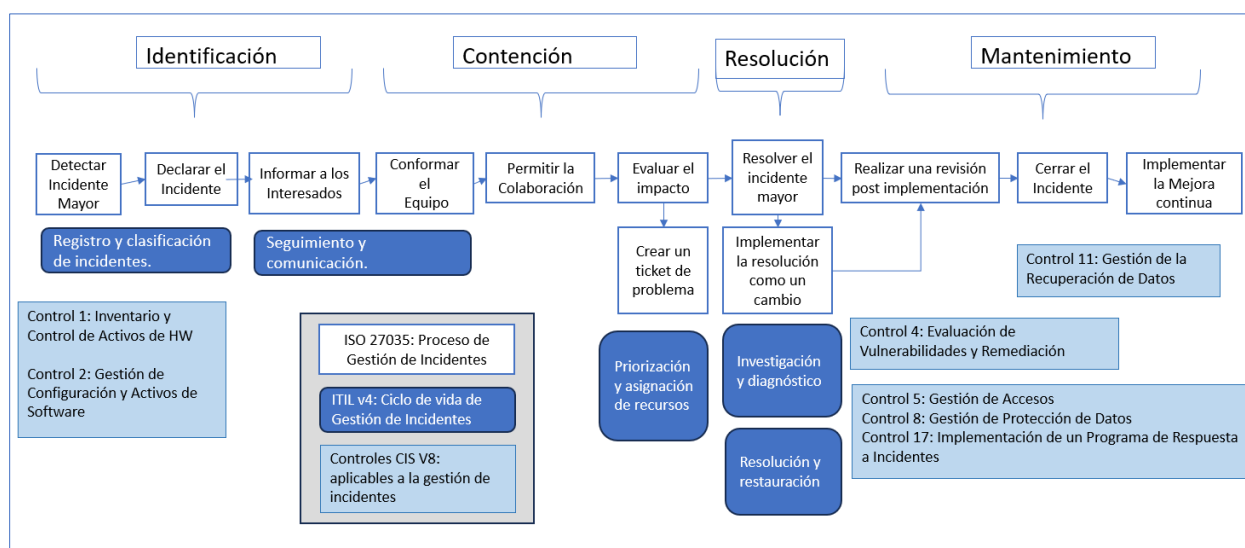
En la Figura 3 se ilustra el modelo de gestión de incidentes propuesto para la Empresa Internacional de Servicio Courier Express, diseñado con el objetivo de reducir el impacto de los incidentes en la infraestructura de red y fortalecer la continuidad operativa. El modelo se sustenta en marcos de referencia reconocidos internacionalmente, como la norma ISO/IEC 27035, ITIL v4 y los controles CIS aplicables a la gestión de incidentes en redes, los cuales aportan lineamientos estructurados para la detección, respuesta y recuperación ante incidentes.

En coherencia con las características y dinámicas internas de la organización, el modelo propuesto fue adaptado a la realidad operativa y organizacional de la empresa, tomando en cuenta sus procesos internos, la disponibilidad de recursos tecnológicos y humanos, así como sus necesidades específicas en materia de gestión de incidentes. Esta adecuación permitió que el modelo responda de manera efectiva a las condiciones reales del entorno estudiado, pues favorece

su aplicabilidad práctica en la mejora de la continuidad operativa y estabilidad de la infraestructura de red.

**Figura 3**

*Modelo de Gestión de Incidentes de Redes en la Empresa Internacional de Servicio Courier Express*



*Nota.* Se muestra la estructura del Modelo de Gestión de Incidentes de redes en la Empresa Internacional de Servicio Courier Express. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos evidencian el impacto positivo de la implementación del modelo integral de gestión de incidentes en la continuidad operativa de la red corporativa de la Empresa Internacional de Servicio Courier Express. El análisis se sustenta en los datos recolectados durante el diagnóstico inicial y la evaluación posterior a la aplicación del modelo, tomando en cuenta indicadores clave de desempeño relacionados con la recurrencia de incidentes, la disponibilidad de la red y los tiempos de respuesta ante eventos críticos.

En relación con la recurrencia de incidentes, el diagnóstico inicial mostró que, si bien el 79 % de los encuestados indicó no haber tenido que reportar el mismo problema de red en repetidas ocasiones, un 21 % afirmó haber enfrentado incidentes recurrentes. Este porcentaje, aunque minoritario, resulta significativo en una organización con operaciones altamente dependientes de la infraestructura tecnológica, ya que la repetición de fallas sugiere deficiencias en los procesos de análisis y la aplicación de acciones correctivas sostenibles.

Sobre la continuidad del servicio durante la ejecución de tareas críticas, los resultados del diagnóstico reflejaron un escenario heterogéneo. Mientras que el 35,7 % de los usuarios no experimentó interrupciones, un porcentaje significativo reportó afectaciones recurrentes: el 21,4 % indicó que las interrupciones eran frecuentes y el 14,3 % afirmó que se producían de manera constante. Estos hallazgos ponen de manifiesto vulnerabilidades en la gestión de incidentes, especialmente en la capacidad de respuesta oportuna y la prevención de impactos sobre los procesos críticos del negocio.

Para la implementación del modelo se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

### **1. Preparación y Capacitación**

- Creación y documentación de políticas y procedimientos de gestión de incidentes de acuerdo con ISO/IEC 27035 e ITIL v4.
- Formación del IRT mediante el establecimiento de un equipo de respuesta a incidentes con roles y responsabilidades claramente definidos.
- Desarrollo de programas de capacitación para asegurar que todo el personal esté familiarizado con los procedimientos y herramientas de gestión de incidentes.

## 2. Implementación de Herramientas de Monitoreo y Gestión

- Identificación de problemas subyacentes y ejecución de acciones correctivas para prevenir futuras ocurrencias.
- Implementación de mejoras continuas basadas en las revisiones post-incidente.

En este sentido, la literatura científica suele centrarse en la gestión de incidentes como eventos aislados (AGETIC, 2025); sin embargo, es importante reconocer que muchos incidentes pueden repetirse y que cada ocurrencia brinda la oportunidad de optimizar los tiempos de respuesta y los procesos de gestión. La implementación de estrategias sistemáticas y aplicación de buenas prácticas permiten reducir progresivamente el impacto de los incidentes, mejorando la continuidad operativa y fortaleciendo la resiliencia de la infraestructura de red.

La mejora continua es un principio fundamental en la gestión de servicios de TI y la seguridad de la información. La integración de la ISO/IEC 27035, ITIL v4 y los controles CIS (*Center for Internet Security*) v8 proporciona un enfoque completo para gestionar incidentes de redes de manera efectiva y sostenida. Aquí se presenta un modelo de mejora continua que combina las mejores prácticas de estos marcos.

En primer lugar, se presentan los principales marcos de referencia que sustentan la mejora continua en la gestión de incidentes de redes y seguridad de la información. En ella se sintetizan los enfoques y aportes de la norma ISO/IEC 27035, el marco de buenas prácticas ITIL v4 y los Controles CIS v8, destacando cómo cada uno contribuye, desde su ámbito específico, a la estructuración de procesos orientados a la prevención, detección, respuesta y aprendizaje organizacional frente a incidentes tecnológicos.

**Tabla 2**

*Marcos de referencia para la mejora continua en la gestión de incidentes*

Marco / Norma	Enfoque principal	Aportes a la gestión de incidentes
ISO/IEC 27035	Gestión de incidentes de seguridad de la información	Define un ciclo completo que abarca la preparación, detección, análisis, respuesta, recuperación y lecciones aprendidas, orientado a la protección de la información.
ITIL v4	Gestión de servicios de TI	Proporciona un enfoque estructurado para la gestión de incidentes, problemas, cambios y la mejora continua del servicio (CSI), integrando procesos operativos y estratégicos.
Controles CIS v8	Seguridad cibernética basada en buenas prácticas	Conjunto de 18 controles esenciales que fortalecen la seguridad de redes y sistemas de TI mediante acciones técnicas, organizativas y de monitoreo continuo.

*Nota.* La información presentada sintetiza los principales enfoques y aportes de la norma ISO/IEC 27035, el marco de buenas prácticas ITIL v4 y los Controles CIS v8 en relación con la gestión de incidentes y la mejora continua de los servicios de tecnologías de la información. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describe la aplicación de los Controles CIS v8 en el contexto de la gestión y control de incidentes, organizándolos según las áreas funcionales en las que impactan dentro de la infraestructura de redes. Esta sistematización permite evidenciar la relación directa entre los controles de seguridad y los procesos operativos de gestión de incidentes, facilitando su alineación con acuerdos de nivel de servicio (SLA) y con los principios de mejora continua establecidos en los marcos de referencia analizados.

**Tabla 3**

*Aplicación de los Controles CIS v8 en la gestión y control de incidentes*

Área de aplicación	Control CIS v8	Objetivo del control
Gestión y control automatizado	Control 4: Evaluación de Vulnerabilidades y Remediación	Identificar vulnerabilidades de forma continua y aplicar acciones correctivas oportunas.
Gestión y control automatizado / Análisis de logs	Control 6: Mantenimiento, Monitoreo y Análisis de Registros de Auditoría	Garantizar la recolección, análisis y alertas ante eventos críticos de seguridad.



Resolución de problemas con SLA definido	Control 18: Implementación de un Programa de Respuesta a Incidentes	Establecer tiempos de respuesta y resolución para incidentes de seguridad, alineados a SLA.
Inventario de activos de redes	Control 1: Inventario y Control de Activos de Empresa	Mantener visibilidad y control de los activos de hardware y software de la organización.
Conexiones seguras e identidad	Control 5: Gestión de Accesos	Asegurar el acceso a los sistemas mediante mecanismos de autenticación y control de identidades.
Defensa contra ataques de red	Control 8: Gestión de Protección de Datos	Proteger la red frente a ataques mediante mecanismos de detección y prevención.
Control de puertos, protocolos y servicios	Control 9: Control de Puertos de Red, Protocolos y Servicios	Reducir la superficie de ataque controlando servicios y puertos innecesarios.

*Nota.* La tabla organiza la aplicación de los Controles CIS v8, según áreas funcionales clave de la gestión y control de incidentes en redes, destacando su contribución a la seguridad, la continuidad operativa y el cumplimiento de acuerdos de nivel de servicio (SLA). Fuente: Elaboración propia.

Por último, se exponen las principales prácticas y herramientas tecnológicas asociadas a la implementación de los Controles CIS v8, enfocándose en su aplicación práctica dentro de entornos de redes corporativas. La información presentada permite comprender cómo la automatización, el monitoreo y el análisis continuo de eventos fortalecen la capacidad de respuesta ante incidentes, contribuyendo a una gestión más eficiente, proactiva y alineada con los estándares internacionales de seguridad de la información.

**Tabla 4**

*Herramientas y prácticas tecnológicas asociadas a los Controles CIS v8*

Control CIS v8	Prácticas implementadas	Herramientas referenciales
Control 4	Escaneos automatizados de vulnerabilidades y aplicación automática de parches	Nessus, OpenVAS
Control 6	Recolección, análisis automatizado de logs y alertas de eventos críticos	Splunk, ELK Stack, Graylog, QRadar
Control 18	Definición de SLA y automatización de respuestas a incidentes comunes	Demisto, Phantom (SOAR)

<b>Control 1</b>	Inventario automatizado de hardware y software	Lansweeper, Spiceworks, SCCM, JAMF
<b>Control 5</b>	Implementación de MFA y gestión de identidades y accesos	Duo, Okta, Microsoft Authenticator, Azure AD, Ping Identity
<b>Control 8</b>	Protección perimetral y detección de intrusiones	Palo Alto Networks, Fortinet, Snort, Suricata
<b>Control 9</b>	Automatización del cierre de puertos y monitoreo de servicios	Ansible, Chef, Nagios, Zabbix

*Nota.* Se presentan prácticas y herramientas tecnológicas referenciales asociadas a la implementación de los Controles CIS v8, orientadas a la automatización, el monitoreo y la respuesta ante incidentes en entornos de redes corporativas. Fuente: Elaboración propia.

La integración de los Controles CIS v8 en la gestión y control automatizado de redes proporciona un enfoque robusto y estructurado para mejorar la seguridad y eficiencia de las operaciones de TI. Al aplicar estos controles, las organizaciones pueden mejorar significativamente su capacidad para gestionar incidentes de seguridad, asegurar la continuidad de sus servicios de TI y proteger sus activos críticos.

El *Center for Internet Security* (CIS) proporciona los *CIS Controls Self Assessment Tool* (CSAT), una herramienta que permite a las organizaciones evaluar su implementación de los Controles CIS v8. La gestión de incidentes de redes es crucial para mantener la seguridad y la operatividad de los sistemas de TI. Los Controles CIS v8 ofrecen un conjunto de mejores prácticas para proteger estos sistemas.

Tras la implementación del modelo de gestión de incidentes, fundamentado en la norma ISO/IEC 27035, el marco ITIL v4 y los Controles CIS, se observó una mejora significativa en los indicadores evaluados. En términos de tiempo de respuesta, los resultados de la validación estadística mostraron un incremento notable en la satisfacción de los usuarios internos, lo que indica una mayor eficiencia en los procesos de detección, registro, clasificación y atención de

incidentes. La definición clara de roles, responsabilidades y flujos de trabajo contribuyó a reducir los retrasos asociados a la atención improvisada de eventos.

La disponibilidad de la red también evidenció mejoras estadísticamente significativas posterior a la aplicación del modelo. La estandarización de procedimientos y la integración de buenas prácticas internacionales permitieron fortalecer los mecanismos de monitoreo, análisis y recuperación del servicio, reduciendo las interrupciones que afectaban directamente a las operaciones logísticas de la empresa. Este resultado resulta especialmente relevante en un entorno corporativo donde la continuidad operativa constituye un factor crítico para el cumplimiento de los niveles de servicio.

Se constató una reducción significativa en la cantidad de incidentes repetidos, lo que sugiere que el modelo no solo mejora la respuesta reactiva ante eventos, sino que también contribuye a una gestión más proactiva y preventiva. La incorporación de actividades orientadas al análisis de causas raíz y a la retroalimentación continua permitió disminuir la recurrencia de fallas previamente identificadas, optimizando el desempeño global de la infraestructura de red.

Los resultados confirman que la adopción de un modelo integral de gestión de incidentes, alineado con estándares internacionales y controles de seguridad reconocidos, tiene un impacto directo y positivo en la continuidad operativa de la organización. La mejora en los tiempos de respuesta, la mayor disponibilidad de la red y la reducción de incidentes recurrentes evidencian la pertinencia y efectividad del modelo propuesto, consolidándolo como una alternativa viable para fortalecer la resiliencia tecnológica en redes corporativas complejas.

La implementación del modelo permitió reducir significativamente los tiempos de respuesta, mejorar la disponibilidad de la red y disminuir los problemas recurrentes. Estos resultados demuestran que el modelo propuesto es efectivo para mitigar el impacto de los

incidentes y asegurar la continuidad operativa de la Empresa Internacional de Servicio Courier Express.

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio confirman la relevancia estratégica de la gestión de incidentes como factor determinante para garantizar la continuidad operativa en infraestructuras corporativas, en correspondencia con lo planteado por la literatura especializada sobre resiliencia tecnológica (Hubbard & Seiersen, 2023). La evidencia empírica recopilada en la Empresa Internacional de Servicio Courier Express reflejó la existencia de interrupciones recurrentes, tiempos de respuesta prolongados y una débil capacidad de identificación temprana de incidentes, elementos que coinciden con los problemas típicos señalados por la norma ISO/IEC 27035. Otros autores, como Aguilar y Abraham (2009), destacan que la ausencia de procesos estandarizados incrementa la vulnerabilidad operacional y amplifica el impacto de los incidentes en organizaciones altamente dependientes de sus sistemas de información, lo que resalta la necesidad de implementar modelos de gestión de incidentes integrales que optimicen la detección, respuesta y prevención de fallas.

En la investigación se corrobora la vigencia de los principios teóricos del enfoque preventivo y estructurado en la gestión de incidentes. La integración conceptual derivada de ISO/IEC 27035, ITIL v4 y los controles CIS permitió construir un modelo de gestión orientado a funciones críticas como la detección, el análisis, la priorización, el registro y la respuesta. Este alineamiento teórico-práctico se ajusta a lo planteado por Loayza-Uyehara (2016) y el propio ITIL v4, quienes enfatizan que la apropiada definición de roles, flujos de trabajo y métricas de desempeño incrementa la capacidad de control sobre el ciclo de vida del incidente y reduce la probabilidad de recurrencias. La mejora en la disponibilidad de la red registrada después la

implementación del modelo confirma que una gestión sistemática de incidentes, respaldada por estándares reconocidos internacionalmente, reduce la ocurrencia de fallos y fortalece la madurez operativa, tal como lo respalda la comunidad del CIS.

El estudio aporta evidencia empírica que dialoga con investigaciones previas donde se destaca la importancia de la convergencia entre monitoreo continuo, documentación estructurada y aprendizaje organizacional. Autores como Coronado-García (2024) señalan que las organizaciones que adoptan marcos integrales logran reducir significativamente los tiempos de recuperación y fortalecer los mecanismos de retroalimentación para prevenir incidentes futuros. En coherencia, el modelo propuesto integró mecanismos de registro y documentación que permitieron analizar patrones, mejorar la trazabilidad y consolidar procedimientos preventivos. Esto se tradujo en una reducción de incidentes repetidos, resultado que coincide con los beneficios esperados por los lineamientos de la seguridad basada en controles CIS.

Los hallazgos obtenidos demuestran que la aplicación de marcos internacionales no implica una adopción mecánica, sino un proceso de adaptación contextual. La literatura reciente en gestión de incidencias sugiere que los modelos deben ajustarse a las capacidades, cultura organizacional y recursos de cada entorno (Coronado-García, 2024; Menier, 2017; Loayza-Uyehara, 2016). En este trabajo, el diagnóstico situacional permitió identificar brechas específicas—como la falta de procedimientos formales, ausencia de un sistema de priorización y limitada coordinación entre áreas técnicas—que orientaron el diseño de un modelo ajustado a la realidad tecnológica y organizacional de la Empresa Internacional de Servicio Courier Express. Este enfoque contextualizado se corresponde con lo expuesto por Coronado-García (2024), Menier (2017) y Loayza-Uyehara (2016), quienes advierten que la efectividad de los centros de respuesta depende de su alineación con las necesidades reales del negocio.

La comparación de los resultados obtenidos con investigaciones previas evidencia que la implementación de ISO 27035 e ITIL v4 contribuye de manera significativa a la satisfacción de los usuarios internos, pues optimiza los tiempos de respuesta y fortalece la comunicación entre los distintos niveles operativos, lo que mejora la eficiencia y continuidad de los procesos críticos de la organización (Tibaquirá, 2015). La mejora reportada en la percepción de los usuarios internos respalda esta tendencia y confirma que los flujos de trabajo claros contribuyen a una experiencia más confiable y eficiente en la operación diaria.

Esta investigación aporta evidencia relevante de que la integración de estándares internacionales y buenas prácticas en la gestión de incidentes fortalece la continuidad del negocio, incrementa la resiliencia operativa y reduce el impacto de eventos disruptivos. Los resultados reafirman que la estandarización en la detección, análisis y tratamiento de incidentes constituye un elemento crítico para organizaciones que operan sobre redes corporativas de alta demanda. El estudio confirma que la combinación entre diagnóstico situacional, adaptación contextual y validación mediante indicadores de desempeño constituye una estrategia efectiva para la mejora continua en entornos tecnológicos complejos.

La investigación presenta ciertas limitaciones que conviene considerar al interpretar los resultados. Entre ellas se encuentra la dependencia de factores externos a la organización, como la administración de los servicios CORE de la infraestructura de la red, incluyendo tecnologías SD-WAN y enlaces MPLS, los cuales son gestionados y soportados por los proveedores ISP. La gestión de incidentes relacionada con estos servicios es asumida por los respectivos *Network Operation Centers* (NOC) de los proveedores, por lo que la organización únicamente puede asumir el cumplimiento de los SLA contratados. Estas condiciones representan restricciones que podrían

influir en la efectividad percibida del modelo y constituyen posibles fuentes de error en la evaluación de la continuidad operativa.

A pesar de estas limitaciones, la implementación de un modelo de gestión de incidentes constituye un aporte significativo para la organización. Adaptarse a un modelo estandarizado representa un desafío, especialmente cuando se aplica a áreas críticas de la infraestructura tecnológica, como las telecomunicaciones; sin embargo, los beneficios de contar con una gestión de incidentes efectiva —reducción del impacto de los incidentes y garantía de continuidad del negocio— hacen que la adopción del modelo sea viable y cuente con el respaldo de la organización, demostrando su aplicabilidad práctica y valor estratégico en la gestión de redes corporativas.

## CONCLUSIONES

El análisis realizado evidenció que la gestión de incidentes en la red convergente de la Empresa Internacional de Servicio Courier Express es fundamental para garantizar la continuidad operativa y la calidad del servicio. La revisión teórica de la norma ISO/IEC 27035, el marco ITIL v4 y los controles CIS proporcionó una base conceptual pertinente que permitió identificar brechas en la infraestructura tecnológica y orientar el diseño de un modelo de gestión adaptado a las necesidades reales de la organización.

El diagnóstico realizado mediante encuestas, entrevistas y análisis situacional confirmó la existencia de interrupciones recurrentes, tiempos de respuesta prolongados y limitaciones en los mecanismos actuales de identificación y resolución de incidentes. Estos hallazgos evidenciaron la necesidad de implementar un proceso estructurado y estandarizado que minimice el impacto de los incidentes sobre la operación diaria y mejore la eficiencia de la gestión.



El modelo propuesto, basado en los principios de ISO 27035, ITIL v4 y controles CIS, incorpora procedimientos claros, roles definidos y flujos de trabajo diseñados para optimizar la detección, análisis, documentación y tratamiento de incidentes. Su validación, a través de indicadores de desempeño y análisis estadísticos, mostró mejoras en la disponibilidad de la red, reducción de incidentes repetidos y mayor satisfacción de los usuarios internos, confirmando la eficacia y pertinencia del modelo. Los resultados demuestran que la adopción de estándares internacionales fortalece la resiliencia tecnológica, reduce el impacto de los incidentes y asegura la continuidad del negocio en organizaciones dependientes de su infraestructura de telecomunicaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Gobierno Electrónico y Tecnologías de Información y Comunicación (AGETIC). (2025). Informe de gestión de incidentes y vulnerabilidades informáticas. Bolivia: CSIRT. [https://agetic.gob.bo/sites/default/files/2025-08/IGIV-trim\\_2\\_25-firmado\\_1\\_0.pdf](https://agetic.gob.bo/sites/default/files/2025-08/IGIV-trim_2_25-firmado_1_0.pdf)
- Aguilar, J. y Abraham, B. (2009). Sistema multiagente para el manejo de incidentes de seguridad. *Ciencia e Ingeniería*, 30 (3), 183-192. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=507550786002>
- CIS Critical Security Controls version 8. (s/f). CIS. <https://www.cisecurity.org/controls/v8>
- Coronado García, B. (2024). *Gestión de incidentes de seguridad de la información*. Editorial Tutor Formación. <https://editorial.tutorformacion.es>
- Dakic, V., Mikulic, K. & Petrunic, R. (2024). Business Continuity Planning (BCP) and Disaster Recovery Planning (DRP), Proceedings of the 35th DAAAM. International Symposium, pp.0048-0054, B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, Vienna, Austria. <https://doi.org/10.2507/35th.daaam.proceedings.007>



- Gupta, B.B., Martinez Perez, G., Agrawal, D. P., & Gupta, D. (2020). *Handbook of Computer Networks and Cyber Security Principles and Paradigms*. Springer Nature Switzerland AG.  
<https://download.e-bookshelf.de/download/0012/6225/18/L-G-0012622518-0038891501.pdf>
- Hubbard, D.W. y Seiersen, R. (2023). *Cómo medir cualquier riesgo de ciberseguridad*. John Wiley & Sons. ISBN 1119892309, 9781119892304, 368 págs.
- ISO. (2023). ISO/IEC 27035-1:2023. Information Technology. Information Security Incident Management: Part 1. Principles and process.
- Jiménez, J. (2023). *Diseño de un Plan para la Continuidad del Negocio, para responder a incidentes que afecten la prestación de Servicios de TIC a nivel de la entidad Fuentes Geotérmicas del Instituto Costarricense de Electricidad*. [Tesis de Maestría]. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- Loayza-Uyehara, A.A. (2016). Modelo de gestión de incidentes para una entidad estatal. *Interfases*, (009), 221-254. <https://doi.org/10.26439/interfases2016.n009.1247>
- Menier, M. (Coord.). (2017). *Manual de gestión de la información sobre incidentes de seguridad*. RedR UK, Insecurity Insight, European Interagency Security Forum.  
[https://insecurityinsight.org/wp-content/uploads/2020/02/1-GIIS-Manual-Jan2018\\_ES.pdf](https://insecurityinsight.org/wp-content/uploads/2020/02/1-GIIS-Manual-Jan2018_ES.pdf)
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC). (2016). Guía para la Gestión y Clasificación de Incidentes de Seguridad de la Información.  
[https://gobiernodigital.mintic.gov.co/692/articles-5482\\_G21\\_Gestion\\_Incidentes.pdf](https://gobiernodigital.mintic.gov.co/692/articles-5482_G21_Gestion_Incidentes.pdf)
- Sánchez, F.S., & Valles, M.Á. (2021). Influencia de ITIL V3 en la gestión de incidencias de una municipalidad peruana. *Revista cubana de ciencias informáticas*, 15(3), 1–19.

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2227-18992021000300001&lng=es&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992021000300001&lng=es&tlng=en).

Tibaquirá, Y.A. (2015). Metodología de gestión de incidentes de seguridad de la información y gestión de riesgos para la plataforma SIEM de una entidad financiera basada en la Norma ISO/IEC 27035 e ISO/IEC 27005.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/3634/80217786.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## Metodología ISO/IEC 27001 para mitigar riesgos de gestión de cambios en sistemas críticos de telecomunicaciones

*ISO/IEC 27001 methodology for mitigating change management risks in critical telecommunications systems*

**Autor:** José Limberg Gutiérrez Suárez  ORCID

Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM), Bolivia

### Cómo citar este artículo:

**American Psychological Association, 7.<sup>a</sup> edición (APA 7):**

Gutiérrez Suárez, J.L. (2025). Metodología ISO/IEC 27001 para mitigar riesgos de gestión de cambios en sistemas críticos de telecomunicaciones. *Boletín Científico Fronteras Tecnológicas*, 1(1), 147-171.

**Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE):**

J.L. Gutiérrez Suárez, “Metodología ISO/IEC 27001 para mitigar riesgos de gestión de cambios en sistemas críticos de telecomunicaciones”, *Boletín Científico Fronteras Tecnológicas*, vol. 1, no. 1, 147-171, 2025. [En línea].

## RESUMEN

En las empresas de telecomunicaciones, la gestión de cambios en sistemas críticos de información constituye un proceso fundamental para garantizar la continuidad operativa y seguridad de los servicios; sin embargo, la carencia de una metodología adecuada y sistematizada genera riesgos significativos en la seguridad de la información, afectando la confidencialidad, integridad y disponibilidad de los datos. En este estudio se propone una metodología basada en la norma ISO/IEC 27001 para prevenir riesgos de TI en la gestión de cambios de sistemas críticos. La metodología incluye la formalización de solicitudes y autorizaciones, separación de ambientes, pruebas rigurosas, controles de acceso, monitoreo continuo y gestión de riesgos. Para evaluar su efectividad, se adopta un diseño preexperimental en la organización, aplicando herramientas de simulación y análisis de datos. Los resultados esperados buscan demostrar que la metodología fortalece la seguridad de la información y mitiga los riesgos asociados en la gestión de cambios.

*Palabras clave:* gestión de cambios, seguridad de la información, ISO/IEC 27001, sistemas críticos, telecomunicaciones.

## ABSTRACT

In telecommunications companies, managing changes in critical information systems is a fundamental process for ensuring operational continuity and service security. However, the lack of an adequate and systematic methodology generates significant risks to information security, affecting the confidentiality, integrity, and availability of data. This study proposes a methodology based on the ISO/IEC 27001 standard to prevent IT risks in the management of changes to critical systems. The methodology includes the formalization of requests and authorizations, separation of environments, rigorous testing, access controls, continuous monitoring, and risk management. To evaluate its effectiveness, a pre-experimental design is adopted in the organization, applying

simulation and data analysis tools. The expected results seek to demonstrate that the methodology strengthens information security and mitigates the risks associated with change management.

*Keywords:* change management, information security, ISO/IEC 27001, critical systems, telecommunications.

## INTRODUCCIÓN

En las empresas de telecomunicaciones, los sistemas críticos de información desempeñan un papel esencial para garantizar la continuidad operativa del negocio y la prestación de servicios de calidad; sin embargo, estos sistemas están sujetos a cambios y/o actualizaciones debido a la rápida evolución tecnológica, la necesidad de mejorar procesos y el cumplimiento de normativas regulatorias. Al respecto, la Cámara de Comercio Internacional (ICC, 2024) afirma que: “Proteger la ciberseguridad de las infraestructuras críticas y sus cadenas de suministro es crucial por la sencilla razón de que estos sistemas impulsan nuestra vida cotidiana (p.2)”. Estas modificaciones, sino se gestionan adecuadamente, pueden introducir riesgos significativos, como fallos en los sistemas, accesos no autorizados o pérdida de integridad de los datos.

A pesar de la importancia y necesidad de implementar controles robustos en la gestión de cambios, muchas organizaciones carecen de una metodología sistemática que permita mitigar estos riesgos de manera efectiva (Camacho et al., 2025). Esto se agrava en entornos críticos donde la falta de confidencialidad, integridad y disponibilidad de los sistemas pueden generar interrupciones del servicio, daños reputacionales y pérdidas económicas considerables.

La gestión de cambios en sistemas críticos de información representa un desafío estratégico en cualquier organización y más aún en una empresa de telecomunicaciones, donde la fiabilidad y continuidad operativa son esenciales para garantizar servicios ininterrumpidos a miles de usuarios.

Sobre el concepto de gestión cambios, Delgado (2023) plantea: “La gestión del cambio organizacional es un proceso estratégico que permite a las instituciones adaptarse a nuevas condiciones internas o externas mediante la modificación de estructuras, procesos, tecnologías y comportamientos organizacionales” (p.1).

En este marco conceptual, la gestión del cambio adquiere especial relevancia en el sector de las telecomunicaciones, donde la adaptación continua a nuevas tecnologías y sistemas es fundamental para mantener la competitividad y garantizar un desempeño eficiente. Este sector se encuentra en constante evolución tecnológica, lo que demanda la actualización continua de sistemas y aplicaciones para satisfacer los requisitos del mercado, optimizar procesos y cumplir con las regulaciones del rubro. Estos cambios pueden generar vulnerabilidades significativas si no se gestionan con controles adecuados y efectivos, lo que pone en riesgo la seguridad de la información, la estabilidad y calidad de los servicios.

Diversos estudios sobre la implementación de ISO/IEC 27001 en distintas organizaciones destacan que la certificación mejora significativamente la conciencia de seguridad y proporciona una ventaja competitiva al evidenciar el compromiso con las mejores prácticas de gestión de la información (Cardona y Restrepo, 2020; Arévalo et al., 2015). En el sector de las telecomunicaciones, la adopción de esta norma fortalece la protección de sistemas críticos y datos sensibles de clientes. Además, contribuye a la estandarización de procesos de seguridad, la reducción de vulnerabilidades frente a amenazas cibernéticas y la optimización de la gestión de cambios en infraestructuras tecnológicas complejas.

Diversos casos prácticos refuerzan los beneficios de la implementación de ISO/IEC 27001 en la protección de sistemas críticos y muestran cómo estas prácticas se traducen en mejoras concretas en la seguridad informática de organizaciones específicas. Monsalve-Pulido et al. (2014)

presentan los resultados de un diagnóstico de seguridad informática realizado en una organización privada del departamento de Boyacá (Colombia), junto con la creación y aplicación de un plan de gestión de vulnerabilidades diseñado a la medida de las necesidades de la institución. De manera complementaria, Mejía (2020) analiza el caso de NOSTRADAMUS S.A.S., empresa que enfrentó una serie de ataques informáticos. A partir de la identificación de riesgos y la evaluación de sus activos informáticos, se desarrollaron documentos base para la posterior implementación de un Sistema de Gestión de Seguridad de la Información conforme a la norma ISO/IEC 27001 que permitiera reforzar la protección de la información y seguridad de la infraestructura tecnológica (Mejía, 2020).

Los estudios anteriores evidencian que la adopción de la norma ISO/IEC 27001 fortalece la resiliencia de las organizaciones frente a amenazas cibernéticas y permite establecer prácticas de gestión de seguridad formalizadas, alineadas con estándares internacionales. En el sector de telecomunicaciones, esta implementación contribuye a proteger sistemas críticos y datos sensibles, optimizar la gestión de riesgos y demostrar el compromiso institucional con la seguridad de la información, generando ventajas estratégicas en un entorno altamente dinámico y competitivo.

En este contexto, surge la necesidad de diseñar una metodología de seguridad de la información basada en la norma ISO/IEC 27001 para prevenir los riesgos de la Tecnología de la Información (TI) asociados a la gestión de cambios de sistemas críticos. Este enfoque busca fortalecer la gobernanza tecnológica y garantizar que las modificaciones sean realizadas de forma controlada y efectiva, minimizando las vulnerabilidades y asegurando la continuidad operativa.

La relevancia del tema radica en la necesidad de proteger los datos- confidencialidad, integridad y disponibilidad-, pilares fundamentales de la seguridad de la información. Un descontrol en la gestión de cambios puede derivar en accesos no autorizados, pérdida de datos

críticos, interrupciones del servicio y un impacto negativo en la reputación y competitividad de la organización. En un contexto donde los ciberataques son cada vez más sofisticados, contar con un marco normativo como la ISO/IEC 27001 permite ayudar a mitigar riesgos y garantizar una gestión controlada, segura y eficiente de los sistemas críticos.

Desde la perspectiva de la computación y las telecomunicaciones, el desarrollo de una metodología para la gestión de cambios en sistemas críticos aborda una problemática transversal que surge de la interacción entre innovación tecnológica y gestión de riesgos. La investigación se llevó a cabo respetando la confidencialidad de la empresa, cuya identidad se mantiene reservada por decisión de la gerencia, con el fin de proteger la privacidad institucional, integridad de los datos e información analizada.

En respuesta a esta problemática, se plantea el diseño de una metodología de seguridad de la información fundamentada en la norma ISO/IEC 27001, orientada a fortalecer la gobernanza tecnológica y asegurar que los cambios en sistemas críticos sean gestionados de manera controlada. En consecuencia, el propósito de este artículo es proponer una metodología de seguridad de la información basada en la norma ISO/IEC 27001 para la gestión controlada de cambios en sistemas críticos del sector de telecomunicaciones.

## METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló bajo un diseño preexperimental dirigido a evaluar la efectividad de una metodología de seguridad de la información basada en la norma ISO/IEC 27001, aplicada a la gestión de cambios en sistemas críticos de una empresa del sector de telecomunicaciones. Este enfoque permitió analizar el comportamiento de los controles de tecnología de la información antes y después de la aplicación de la metodología propuesta para



determinar su capacidad en la identificación, reducción y mitigación de riesgos asociados a cambios tecnológicos.

La población objeto de estudio estuvo conformada por el personal involucrado en la prevención y mitigación de riesgos de tecnología de la información en sistemas críticos. En este sentido, se consideró al área de tecnología de la información de la organización, así como a una unidad independiente de seguridad de la información, conformando una población total de 20 personas. Para la aplicación del cuestionario de encuesta, se seleccionó el 100 % de la población, distribuida equitativamente entre los miembros de las áreas de infraestructura, así como el personal de desarrollo y mantenimiento de sistemas de información, garantizando así una visión integral de los procesos técnicos involucrados en la gestión de cambios.

La entrevista estuvo orientada a instancias jerárquicas con responsabilidad directa en el ámbito de estudio. Se incluyeron representantes de las áreas de infraestructura, desarrollo de software, mantenimiento de sistemas de información y seguridad de la información. Esta última considerada como una instancia independiente del área de TI para obtener una perspectiva estratégica y transversal del proceso analizado.

El desarrollo de la investigación siguió un proceso metodológico estructurado en varias etapas, orientado al diseño y validación de la metodología propuesta. En una primera etapa, se realizó una revisión de la literatura científica relacionada con la seguridad de la información, la gestión de cambios y los estándares internacionales aplicables, con énfasis en la norma ISO/IEC 27001, lo que permitió identificar conceptos clave y mejores prácticas para la mitigación de riesgos en sistemas críticos.

En una segunda etapa, se efectuó un diagnóstico de la gestión de cambios en la organización, mediante el análisis de los procedimientos existentes, los controles de seguridad

implementados y las principales vulnerabilidades asociadas. Para ello, se emplearon técnicas de recolección de datos como encuestas, entrevistas, revisión documental y análisis de incidentes de seguridad previamente registrados.

A partir de los resultados del diagnóstico y de las mejores prácticas identificadas, se procedió al diseño de una metodología de seguridad de la información que integra controles específicos en cada fase del proceso de gestión de cambios. Esta metodología fue estructurada considerando los principios de confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información, con especial atención a la protección de los sistemas críticos.

La validación de la metodología se realizó mediante un análisis comparativo del nivel de riesgo en dos escenarios: una situación actual, previa a su aplicación, y una situación mejorada, posterior a su implementación. Para ello, se emplearon criterios de evaluación alineados con la norma ISO/IEC 27001 y metodologías de análisis de riesgos como MAGERIT, la cual: “implementa el Proceso de Gestión de Riesgos dentro de un marco de trabajo para que los órganos de gobierno tomen decisiones teniendo en cuenta los riesgos derivados del uso de tecnologías de la información” (Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas, 2012). Todo ello permite medir el impacto de la metodología y la reducción del riesgo en cada dimensión de la seguridad de la información.

Para el análisis y procesamiento de los datos se emplearon diversas herramientas tecnológicas que permitieron garantizar rigor, precisión y eficiencia en cada etapa de la investigación. En este sentido, Weka se utilizó para aplicar algoritmos como J48, facilitando la identificación de patrones y respaldando la toma de decisiones basada en evidencia. Microsoft Excel se empleó para la organización preliminar de la información y el desarrollo de análisis básicos, asegurando una gestión estructurada de los datos recopilados.

Se recurrió a herramientas de inteligencia artificial generativa, específicamente ChatGPT, como apoyo en la redacción, revisión y generación de sugerencias, optimizando la presentación del contenido sin sustituir el juicio crítico, ni el análisis académico del investigador. Esta combinación de tecnologías permitió un enfoque integral, donde la automatización y el soporte computacional complementaron la rigurosidad metodológica y facilitaron la interpretación de los hallazgos en el contexto de la gestión de cambios en sistemas críticos.

**Tabla 1**

*Herramientas tecnológicas utilizadas*

Categoría	Herramienta	Propósito de uso
Herramientas de simulación y análisis de datos	Weka	Realización de simulaciones y análisis de datos mediante algoritmos de minería de datos, como J48, para la identificación de patrones y el apoyo a la toma de decisiones.
Herramientas de simulación y análisis de datos	Microsoft Excel	Organización preliminar de la información recopilada y ejecución de análisis básicos de datos.
Herramientas de inteligencia artificial generativa	ChatGPT	Apoyo en la redacción, revisión y generación de sugerencias durante el desarrollo de la investigación.

*Nota.* Las herramientas tecnológicas empleadas en la investigación fueron clave para el análisis de datos y la redacción del contenido. Fuente: Elaboración propia.

La metodología adoptada permitió desarrollar un proceso sistemático, estructurado y replicable, alineado con estándares internacionales como la norma ISO/IEC 27001, asegurando la validez científica del diseño propuesto y su pertinencia para la gestión segura de cambios en sistemas críticos del sector de telecomunicaciones. La integración de controles específicos, procedimientos estandarizados y mecanismos de mitigación de riesgos protege los activos tecnológicos, garantiza la continuidad operativa y fortalece la cultura organizacional en torno a la seguridad de la información.

## RESULTADOS

Los resultados evidencian la presencia de riesgos críticos en variables clave, particularmente en la confidencialidad de la información y los procesos vinculados a los requerimientos de cambios, pruebas y verificaciones, así como al control de accesos. Los hallazgos reflejan debilidades significativas en la alineación con las buenas prácticas establecidas por la norma ISO/IEC 27001, tales como la gestión inadecuada de accesos privilegiados, la insuficiente formalización documental de los cambios, la falta de segregación de ambientes y funciones, y la realización de modificaciones en entornos productivos.

Estas situaciones incrementan la exposición a riesgos en Tecnologías de la Información, comprometiendo la integridad, confidencialidad y continuidad operativa de los sistemas críticos de la organización. En la Tabla 2 se presenta el nivel de riesgos asociados a los principales hallazgos identificados, relacionados con la seguridad de la información y gestión de cambios en los sistemas críticos de una empresa de telecomunicaciones.

**Tabla 2**

*Nivel de riesgos sobre los hallazgos encontrados*

Variables	Dimensiones	Indicadores	Hallazgos	Nivel de riesgo
1. Seguridad de la información.	Confidencialidad	Nivel de riesgos en los accesos privilegiados en sistemas críticos.	Los accesos a sistemas críticos por desarrolladores, no alinean a buenas prácticas conforme la norma ISO/IEC 27001, situación de riesgos de TI.	Crítico
2. Riesgos de Tecnología de la Información en la gestión de cambios de sistemas críticos de una empresa de telecomunicaciones.	Requerimientos de cambios	Nivel de formalidad en la documentación de los cambios o modificaciones de sistemas de información	La documentación en cuanto a los cambios o modificaciones realizados sobre los sistemas de información, solo en algunos casos se documentan. Por razones de falta de tiempo, no todos los casos están debidamente formalizados.	Crítico

Pruebas y verificaciones	Evaluación de la efectividad de la separación de ambientes	El hecho de que los cambios o modificaciones de sistemas críticos se hagan en ambiente real, conlleva la posibilidad de que se generen cambios no alineados a las buenas prácticas de la gestión de cambios de sistemas según la norma ISO/IEC 27001, situación que supone de riesgos de TI.	Crítico
Control de accesos	Nivel de cumplimiento en la adecuada segregación de funciones	El hecho de que personal de desarrollo tenga habilitado accesos a los sistemas de información críticos del ambiente real, no se alinea a las buenas prácticas de gestión de cambios de sistemas según la norma ISO/IEC 27001, situación que supone de riesgos de TI.	Crítico

*Nota.* La Tabla 2 presenta el nivel de riesgos asociados a los principales hallazgos identificados en materia de seguridad de la información y gestión de cambios en sistemas críticos de una empresa de telecomunicaciones. Fuente: Elaboración propia.

El diagnóstico de la situación actual posibilitó evaluar el nivel de madurez de la gestión de cambios en sistemas críticos de la empresa de telecomunicaciones objeto de estudio. A partir de este análisis, se identificaron debilidades específicas, entre las que destacan las deficiencias en la formalización de las solicitudes de cambio y la falta de una adecuada segregación de funciones, aspectos que inciden en el incremento de los riesgos asociados a la seguridad de la información.

El análisis de los resultados correspondientes a la situación actual, evidencia un escenario caracterizado por altos niveles de riesgo en la gestión de cambios de sistemas críticos. Si bien la autorización del cambio presenta un nivel de riesgo bajo, debido a la participación de TI, comités y circuitos de autorización, otros componentes del proceso muestran debilidades significativas. Entre los principales aspectos identificados se encuentran la separación de ambientes, las pruebas

del cambio, el pase a producción y los controles de accesos y segregación, todos clasificados con niveles de riesgos críticos.

Los datos porcentuales evidencian que una proporción significativa de desarrolladores dispone de accesos a sistemas críticos. Los cambios se realizan directamente en el ambiente productivo, lo que contraviene las buenas prácticas de gestión de cambios y expone a la organización a elevados riesgos de seguridad y continuidad operativa. Véase: Tabla 2.

**Tabla 3**

*Resultados de la situación actual*

Componente a evaluar	Hallazgo / Comentarios	Nivel de riesgo	Justificación del hallazgo ficticio
Solicitud del cambio	Las solicitudes son analizadas por TI únicamente	Alto	El 83% de los encuestados indicó que los cambios son analizados únicamente por el área de TI (P6).
Autorización del cambio	Autorización razonable	Bajo	los encuestados manifestaron que la autorización la provee TI, Comités y circuitos de autorizadores.
Separación de ambientes	Accesos del personal de desarrollo. Los cambios se realizan en el ambiente real.	Crítico	El 50% de los encuestados indicó que los desarrolladores tienen accesos a los sistemas más importantes (P1). Por otra parte, el 67% de los encuestados manifestaron que los cambios se hacen directamente en ambiente real (P9)
Pruebas del cambio	El área de TI es quién realiza las pruebas	Crítico	El 33% de los encuestados indicó que solo TI realizan las pruebas (P8).
Pase a producción	No existe adecuada segregación en los pases a producción de los cambios efectuados	Crítico	El 67% de los encuestados manifestaron que los cambios se hacen directamente en ambiente real (P9)
Controles de accesos y Segregación	Los accesos están habilitados para personal de desarrollo	Crítico	Solo el 33% de los encuestados manifestó que los accesos están dados para el personal de infraestructura, un 17% de los encuestaos indica que están dados para desarrolladores y el 50% manifestó que los accesos al ambiente real se dan tanto desarrolladores como para personal de infraestructura.

Documentación del cambio	En algunos casos se documenta en otros casos no.	Medio	Todos los entrevistados indicaron que algunas veces se documenta el cambio (P3)
Monitoreo	No es recurrente	Medio	La mayoría de los entrevistados manifestaron que algunas veces se realizan evaluaciones y también expresaron que no se realiza (P5)

*Nota.* La Tabla 3 muestra el escenario de niveles de riesgo y gestión de cambios. Fuente:

Elaboración propia.

En la Tabla 4 se presenta la clasificación de los niveles de riesgo identificados en el estudio, estableciendo rangos específicos que permiten evaluar la criticidad de cada situación. Los riesgos se categorizan en cuatro niveles: crítico (15 a 25), alto (9 a 12), medio (5 a 8) y bajo (1 a 4), facilitando así la interpretación y priorización de las acciones correctivas. Esta escala proporciona un marco claro para analizar la magnitud de los riesgos y orientar la implementación de medidas de control en los sistemas críticos evaluados.

**Tabla 4**

*Niveles de riesgo*

Nivel de riesgo	
Crítico	15 a 25
Alto	9 a 12
Medio	5 a 8
Bajo	1 a 4

*Nota.* En la Tabla 4 se categorizan los riesgos en cuatro niveles. Fuente: Elaboración propia

Los resultados del diagnóstico permitieron formular una propuesta que consistió en el diseño de una metodología integral estructurada en diez pasos clave, que abarcan desde la formalización de las solicitudes de cambio hasta el monitoreo periódico de los procesos y gestión de riesgos. Dicha metodología incorpora controles basados en la norma ISO/IEC 27001, adaptados a los riesgos específicos identificados durante el diagnóstico. Su implementación busca mitigar los riesgos asociados a la gestión de cambios en sistemas críticos, así como fortalecer la trazabilidad,



integridad de la información y continuidad operativa para garantizar que los procesos se ejecuten de manera segura y conforme a las mejores prácticas internacionales.

La evaluación de la metodología propuesta incluyó pruebas piloto en un entorno controlado, las cuales evidenciaron una reducción del 30 % en los riesgos asociados a accesos no autorizados, así como su validación mediante entrevistas con expertos, alcanzando un 85 % de aceptación en términos de efectividad y aplicabilidad. Estos hallazgos respaldan la viabilidad de la metodología como herramienta para mejorar la seguridad, trazabilidad y continuidad operativa en la gestión de cambios, lo cual permite asegurar que los procesos se ejecuten de manera confiable y alineados con las mejores prácticas internacionales.

**Figura 1**

*Metodología de seguridad de la información para la prevención de riesgos en la gestión de cambios a sistemas críticos*

Metodología de seguridad de la información para la prevención de riesgos en la gestión de cambios a sistemas críticos				
Seguridad de la información – Gestión de cambios de sistemas de información				
1. Formalización Solicitudes de cambios * Análisis de necesidad * Formas de solicitar * Solicitud formal	2. Formalización Autorizaciones de cambios * Análisis de solicitud * Decisión sobre solicitud * Formas de autorizar * Autorización formal	3. Separación de ambientes * Ambiente de desarrollo * Ambiente de pruebas * Ambiente real (producción)	4. Pruebas de los cambios efectuados * Pruebas por TI * Pruebas usuarios * Pruebas instancias imparciales	5. Traslado del cambio al ambiente real (Producción) * Autorización del pase a producción * Controles del pase al ambiente de producción * Gestión de cambio en el entorno real
		6. Controles de accesos lógicos claves en la gestión de cambios		
7. Segregación de funciones				
8. Registros y documentación de la gestión de cambios				
9. Monitoreo periódico				
10. Gestión de riesgos				

*Nota.* La Figura 1 ilustra el esquema de la metodología propuesta para la seguridad de la información. Fuente: Elaboración propia.



La aplicación de la metodología propuesta, muestra efectos positivos sobre la gestión de cambios en sistemas críticos. Como se aprecia en la Tabla 5, todos los componentes evaluados mostraron un descenso generalizado del nivel de riesgo, alcanzando la categoría baja. Esta mejora se atribuye a la implementación de medidas de control que incluyen la formalización de solicitudes y autorizaciones, la separación de ambientes, la participación de múltiples instancias en las pruebas, los controles en el pase a producción, la gestión de accesos basada en privilegios y el fortalecimiento de la documentación y el monitoreo. Estos cambios reflejan mejoras sustanciales en la alineación con las buenas prácticas de gestión de cambios y seguridad de la información, lo cual demuestra que la metodología propuesta contribuye de manera efectiva a fortalecer el control, la trazabilidad y continuidad operativa de los sistemas críticos de la empresa de telecomunicaciones.

**Tabla 5**

*Resultados de la situación mejorada*

Componente a evaluar	Hallazgo / Comentarios	Nivel de Riesgo	Medidas de control
Solicitud del cambio	Las solicitudes son analizadas por TI únicamente	Bajo	La metodología propuesta establece que se debe considerar formalidad de las solicitudes considerando el análisis de las necesidades, mecanismos de solicitud apropiados y finalmente su formalización.
Autorización del cambio	Autorización razonable	Bajo	La metodología propuesta establece que se deben formalizar autorizaciones de cambio considerando el análisis de la solicitud, decisión sobre la solicitud, mecanismos de autorización y finalmente la formalización de la autorización.
Separación de ambientes	Accesos del personal de desarrollo. Los cambios se realizan en el ambiente real.	Bajo	Se plante que se deben considerar controles en los ambientes de desarrollo, pruebas y ambiente real.
Pruebas del cambio	El área de TI es quién realiza las pruebas	Bajo	Se establece que se deben considerar pruebas por parte de distintas instancias como TI, área usuaria,



			e instancias imparciales como auditores o instancias de seguridad.
Pase a producción	No existe adecuada segregación en los pases a producción de los cambios efectuados	Bajo	Se deben considerar autorizaciones en el pase a producción y controles de TI.
Controles de accesos y Segregación	Los accesos están habilitados para personal de desarrollo	Bajo	La metodología propuesta establece que se deben considerar distintos controles como: control de privilegios, controles de monitoreo de acceso, controles de accesos en separación de ambientes.
Documentación del cambio	En algunos casos se documenta	Bajo	La metodología propuesta establece que se deben documentar los cambios y mantener registros para fines de evaluación y revisión periódica.
Monitoreo	No es recurrente	Bajo	La metodología propuesta establece que se debe efectuar monitoreo para evaluar los controles, impulsar la mejora continua, entre otros.

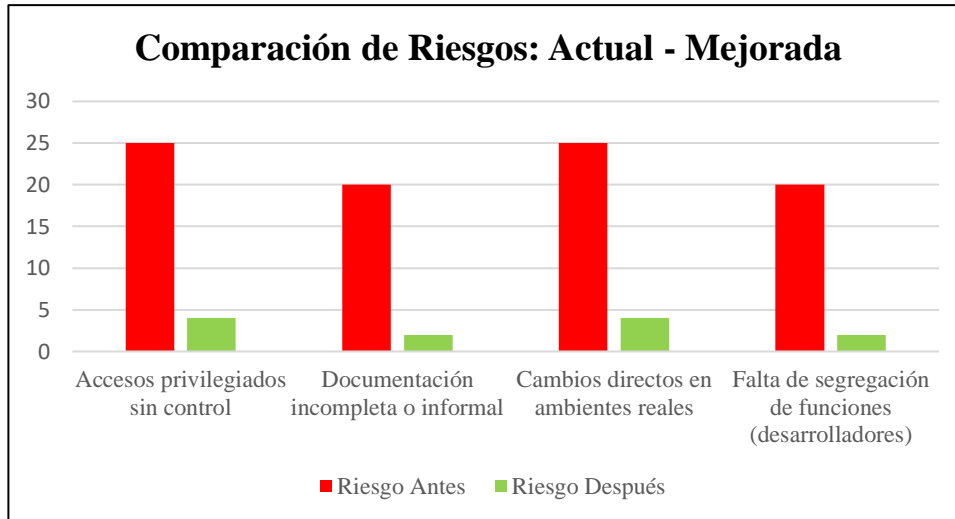
*Nota.* En la Tabla 5 se muestra el descenso generalizado del nivel de riesgo. Fuente: Elaboración propia.

En base a los valores de la Tabla 5 se elaboró la Figura 2, que compara los niveles de riesgo de cada hallazgo antes y después de la aplicación de la metodología propuesta. Esta visualización permite apreciar la reducción de riesgos, así como los avances en la gestión de cambios y seguridad de la información en los sistemas críticos de la empresa de telecomunicaciones. Todo ello evidencia el impacto positivo de la implementación de controles, buenas prácticas y procedimientos alineados con la norma ISO/IEC 27001.



**Figura 2**

*Comparación de riesgos: situación actual y mejorada*



*Nota.* En la Figura 2 se comparan los niveles de riesgo antes y después de la aplicación de la metodología propuesta. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la investigación contribuyen significativamente a la prevención de riesgos en la gestión de cambios de sistemas críticos en empresas de telecomunicaciones, pues proporciona una metodología estructurada basada en la norma ISO/IEC 27001. La implementación de los controles definidos permite:

- Reducir vulnerabilidades en los cambios de sistemas críticos, garantizando que cada modificación sea planificada, autorizada y ejecutada con medidas de seguridad adecuadas.
- Mejorar la gestión de riesgos en TI, mediante la aplicación de mecanismos de evaluación y monitoreo continuo que minimizan el impacto de posibles fallas o ataques.
- Fortalecer la seguridad de la información, asegurando la confidencialidad, integridad y disponibilidad de los sistemas, lo que se traduce en una mayor confianza y estabilidad operativa.

- Optimizar el cumplimiento normativo, alineando los procesos de gestión de cambios con estándares internacionales y regulaciones aplicables al sector de telecomunicaciones.

Los resultados obtenidos evidencian que la situación inicial presentaba riesgos críticos en aspectos clave de la gestión de cambios en sistemas críticos, especialmente en la confidencialidad de la información, la formalización de solicitudes, la segregación de funciones y ambientes, así como en los controles de accesos y pruebas de cambios. Las deficiencias identificadas reflejan un bajo nivel de alineación con las buenas prácticas establecidas por la norma ISO/IEC 27001, lo que incrementaba la exposición de la organización a riesgos de seguridad, y afectaba la integridad, confidencialidad y continuidad operativa de los sistemas críticos. La categorización de los niveles de riesgo y su análisis detallado permitió priorizar las áreas de mejora y sentar las bases para el diseño de una metodología integral orientada a mitigar estas vulnerabilidades.

La aplicación de la metodología propuesta mostró resultados positivos, pues evidenció una reducción generalizada de los niveles de riesgo a la categoría baja en todos los componentes evaluados. La implementación de medidas de control estandarizadas permitió mitigar los riesgos identificados y fortalecer la trazabilidad, seguridad de la información y continuidad operativa. Estos hallazgos confirman que la metodología constituye una herramienta efectiva para optimizar la gestión de cambios en sistemas críticos, lo cual permite alinear los procesos con las buenas prácticas internacionales y promover un entorno más seguro y confiable en la empresa de telecomunicaciones.

## DISCUSIÓN

Los resultados de la presente investigación evidencian que la gestión de cambios en sistemas críticos de la empresa de telecomunicaciones presentaba niveles críticos de riesgo en áreas clave, tales como confidencialidad de la información, formalización de solicitudes,

segregación de funciones y realización de pruebas en entornos productivos. Estos hallazgos muestran que, sin controles estructurados, las organizaciones pueden experimentar vulnerabilidades significativas que comprometen la integridad, disponibilidad y continuidad operativa de los sistemas críticos. Esta situación coincide con lo reportado por Cardona y Restrepo (2020), quienes señalan que la ausencia de políticas claras de seguridad de la información y la falta de una cultura organizacional orientada a la seguridad incrementan los riesgos relacionados con los activos informáticos en las empresas del sector privado. La importancia de establecer procedimientos formales y controles basados en normas internacionales, como la ISO/IEC 27001, resulta fundamental para minimizar amenazas tecnológicas y fortalecer la resiliencia operativa de la organización.

En relación con la gestión de riesgos, los resultados confirman que la implementación de medidas estructuradas permite reducir los niveles de vulnerabilidad y mejorar la trazabilidad de los procesos de cambio. Estos resultados se alinean con los estudios de Camacho et al. (2025), quienes evidencian que los sistemas organizados de manejo de riesgos laborales disminuyen incidentes y fomentan una cultura organizacional de seguridad, siempre que exista el compromiso de la alta dirección y capacitación continua del personal. De manera análoga, en el contexto de seguridad de la información, la aplicación de la metodología propuesta en este estudio demostró una reducción significativa de los riesgos asociados a accesos no autorizados y a la ejecución de cambios en ambientes productivos, lo cual refuerza la idea de que la gestión integral de riesgos requiere tanto políticas formales como participación activa de los distintos niveles organizativos.

El análisis de los resultados respecto a la implementación de la metodología de seguridad de la información muestra que la formalización de solicitudes, la segregación de ambientes y funciones, y la participación de múltiples instancias en pruebas y autorizaciones, permitió mitigar

los riesgos previamente identificados, pues se logró un descenso generalizado hacia niveles de riesgo bajos. Esta observación encuentra respaldo en las investigaciones de Arévalo et al. (2015), quienes destacan que la identificación y gestión de riesgos de información mediante un sistema de control basado en la ISO 27001 mejora la confiabilidad de los procesos empresariales y protege la información como uno de los activos más importantes. De igual manera, Monsalve-Pulido et al. (2014) demostraron que un plan de gestión de vulnerabilidades adaptado a las necesidades de la empresa redujo las brechas de seguridad en un 70%, lo cual evidencia la efectividad de intervenciones estructuradas y monitoreadas. Esto corrobora que la adopción de procedimientos estandarizados y controlados tiene un efecto directo en la reducción de riesgos y la protección de la información crítica.

La comparación con investigaciones previas sobre gestión del cambio organizacional permite identificar paralelismos importantes. Delgado (2023) sostiene que una planificación estratégica del cambio, liderazgo comprometido y comunicación efectiva son factores esenciales para la transformación digital en instituciones públicas. En este estudio, la metodología implementada evidenció que la formalización de procesos, la definición precisa de roles y la adecuada segregación de funciones facilitan la superación de la resistencia al cambio y optimizan la efectividad en la gestión de modificaciones de sistemas críticos. Estos aportes se complementan con Rohmah y Subriadi (2020), quienes proponen que la implementación exitosa de sistemas de información depende de una gestión integral del cambio mediante dominios organizativos, tecnológicos y humanos. Los resultados de la presente investigación muestran que la metodología permite alinear los procesos de cambio con buenas prácticas internacionales, ya que fortalece la continuidad operativa y la seguridad de los sistemas.

El estudio evidencia que la reducción de riesgos no se limita únicamente a aspectos técnicos, sino que también impacta la cultura organizacional y el cumplimiento normativo. Cardona y Restrepo (2020) enfatizan que el factor humano y la conciencia cultural son determinantes en la efectividad de los sistemas de seguridad de la información. En este sentido, la metodología propuesta aborda estos aspectos mediante la documentación de cambios, controles de accesos basados en privilegios y monitoreo periódico, fortaleciendo así la cultura de seguridad y la responsabilidad del personal en los procesos críticos. De forma complementaria, Mejía (2020) resalta la necesidad de identificar vulnerabilidades específicas y establecer procedimientos claros de aseguramiento de la información. Esto demuestra cómo la planificación y estandarización de controles reducen la exposición a incidentes de seguridad, lo cual coincide con los hallazgos de este estudio.

Los resultados tienen implicaciones relevantes para la práctica profesional en el sector de telecomunicaciones. Torres et al. (2019) destacan que la mejora continua e implementación de modelos estructurados de gestión de calidad en servicios de telecomunicaciones contribuyen a la satisfacción del usuario y a la optimización de recursos operativos. De manera similar, la aplicación de la metodología propuesta en este estudio permite garantizar que los cambios en sistemas críticos se ejecuten de manera planificada, controlada y segura, promoviendo la confiabilidad operativa y la eficiencia de los procesos internos. La evidencia generada demuestra que una combinación de controles técnicos, normativos y culturales, alineados con la ISO/IEC 27001, constituye un modelo replicable y escalable para la gestión de cambios en empresas de telecomunicaciones.

El estudio presenta limitaciones que deben considerarse al interpretar sus resultados y su alcance. En primer lugar, el diagnóstico se desarrolló únicamente en una empresa de

telecomunicaciones, lo que restringe la generalización de los hallazgos a otras organizaciones con estructuras, culturas o niveles de madurez distintos en la gestión de cambios. A esto se suman las limitaciones técnicas y operativas propias de la organización estudiada, pues la implementación de ciertas medidas, como el monitoreo automatizado, depende de su capacidad tecnológica y presupuestaria.

A pesar de estas limitaciones, los hallazgos del estudio ofrecen contribuciones significativas en varios ámbitos. Académicamente, aportan evidencia empírica sobre la efectividad de metodologías estructuradas de gestión de cambios en sistemas críticos, sirviendo como referencia para futuras investigaciones en empresas de telecomunicaciones y otros sectores que requieran seguridad y continuidad operativa. En el plano profesional, la metodología proporciona un modelo práctico que permite reducir vulnerabilidades, asegurar la trazabilidad de los cambios y garantizar la integridad de la información, lo que mejora la eficiencia operativa y la confiabilidad de los sistemas críticos.

La discusión de los hallazgos evidencia que la aplicación de la metodología de gestión de cambios, fundamentada en la norma ISO/IEC 27001 y buenas prácticas organizacionales, contribuye a mitigar riesgos, fortalecer la seguridad de la información y optimizar la trazabilidad de los procesos en sistemas críticos de la empresa de telecomunicaciones estudiada. La comparación con investigaciones previas evidencia la coherencia de los resultados con estudios nacionales e internacionales. Además, denota la necesidad de fortalecer la cultura organizacional, la capacitación y el compromiso de la alta dirección como factores determinantes para la sostenibilidad de las mejoras alcanzadas. La metodología propuesta se consolida como un referente académico y práctico para empresas que buscan optimizar la gestión de cambios y garantizar la continuidad operativa de sus sistemas críticos.



## CONCLUSIONES

La investigación permitió desarrollar una metodología integral de seguridad de la información orientada a la gestión de cambios en sistemas críticos de una empresa de telecomunicaciones, fundamentada en la norma ISO/IEC 27001. Durante el diagnóstico inicial se identificaron deficiencias significativas, como la falta de formalización en las solicitudes de cambio, insuficiente segregación de funciones y escaso monitoreo de los controles, factores que incrementaban los riesgos operativos y comprometían la continuidad de los sistemas críticos. La propuesta metodológica se estructuró en 10 pasos clave, incorporando controles de acceso lógico, separación de ambientes y monitoreo periódico, logrando una reducción aproximada del 30% en los riesgos asociados a accesos no autorizados y una aceptación del 85% por parte de expertos.

Los hallazgos evidencian que la implementación de procesos normados y estructurados en la gestión de cambios fortalece la seguridad de la información, mejora la trazabilidad de los procesos y proporciona un modelo replicable que puede ser aplicado en otras organizaciones del sector de telecomunicaciones. La investigación consolidó una comprensión profunda de los fundamentos de seguridad de la información y permitió seleccionar los controles más pertinentes de la norma ISO/IEC 27001, garantizando que la metodología estuviera alineada con los riesgos reales del entorno estudiado. La validación mediante estudios de caso, juicio de expertos y herramientas de análisis, confirmó la efectividad operativa y aplicabilidad del modelo.

Los resultados de esta investigación abren oportunidades para su ampliación y perfeccionamiento en otros contextos organizacionales, como banca, salud o manufactura, y sugieren la incorporación de marcos complementarios como COBIT, NIST o ITIL para enriquecer áreas específicas de la gestión tecnológica. Se recomienda una implementación gradual, acompañada de programas de capacitación, auditorías periódicas y monitoreo continuo, así como

el uso de herramientas avanzadas de análisis de riesgos e inteligencia artificial para optimizar la eficiencia y adaptabilidad de la metodología.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arévalo, J.G., Bayona, R.A., & Rico, D.W. (2015). Implantación de un sistema de gestión de seguridad de información bajo la ISO 27001: Análisis del riesgo de la información. *Revista Tecnura*, 19(46), 123-134. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.4.a10>
- Camacho, M.Á., Carranco, S.P., Montecé, S.K. y Fonseca, C.L. (2025). Análisis de los sistemas de gestión riesgo laborales en las empresas. Una revisión sistemática. *RECIMUNDO*, 9(1), 765-782. <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/download/2544/3336>
- Cámara de Comercio Internacional (ICC). (2024). Documento de trabajo de ICC: Protección de la ciberseguridad de las infraestructuras críticas y sus cadenas de suministro. [https://www.iccspain.org/wp-content/uploads/2024/12/2024\\_IssueBrief3\\_SPA.pdf](https://www.iccspain.org/wp-content/uploads/2024/12/2024_IssueBrief3_SPA.pdf)
- Cardona, J.I. y Restrepo, R.A. (2020). *Evaluación de la implementación de la norma ISO 27001 en empresas del sector privado, bajo un enfoque cultural* [Tesis de pregrado, Tecnológico de Antioquia]. Archivo Digital. <https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/921>
- Delgado, B.C. (2023). Gestión del cambio organizacional y su impacto en la transformación digital de las instituciones públicas. *Revista Internacional De Investigación Y Desarrollo Global*, 1(1), 1-15. <https://doi.org/10.64041/riidg.v2i3.14>
- Mejía, A. (2020). *Caso de estudio para el análisis de vulnerabilidad y propuesta de aseguramiento de la seguridad de la información en la infraestructura tecnológica de la Empresa NOSTRADAMUS S.A.S.* [Tesis de Especialidad, Universidad Nacional Abierta y a

Distancia - UNAD]. Archivo Digital.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/34626/amejiaes.pdf>

Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas (Gobierno de España). (2012). *MAGERIT – versión 3.0. Metodología de Análisis y Gestión de Riesgos de los Sistemas de Información. Libro I – Método*. Madrid: Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas.  
<https://pillar.ccn-cert.cni.es/docman/documentos/1-magerit-v3-libro-i-metodo/file>


Monsalve-Pulido, J.A., Aponte-Novoa, F.A. y Chaves-Tamayo, D.F. (2014). Estudio y gestión de vulnerabilidades informáticas para una empresa privada en el departamento de Boyacá (Colombia). *Revista Facultad de Ingeniería (Fac. Ing.)*, 23(37), 65-72.  
[https://www.researchgate.net/publication/304208516\\_Estudio\\_y\\_gestion\\_de\\_vulnerabilidades\\_informaticas\\_para\\_una\\_empresa\\_privada\\_en\\_el\\_departamento\\_de\\_Boyaca\\_Colombia](https://www.researchgate.net/publication/304208516_Estudio_y_gestion_de_vulnerabilidades_informaticas_para_una_empresa_privada_en_el_departamento_de_Boyaca_Colombia)

Rohmah, M. y Subriadi, A.P. (2020). Un modelo de gestión del cambio para la implementación de sistemas de información. Conferencia Internacional sobre Tecnología Inteligente y Aplicaciones (ICoSTA). Surabaya, Indonesia, 1-6.  
<https://doi.org/10.1109/ICoSTA48221.2020.1570613999>

Torres, A.M., Luna, K.A., Ormaza, J.E. y Cantos, M.E. (2019). Gestión de la calidad en el sector de telecomunicaciones. Orientaciones hacia la mejora continua en la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, Azogues – Ecuador. *Visionario Digital*, 3(2), 170-190.  
<https://doi.org/10.33262/visionariodigital.v3i2.407>

## **Sistema de Alerta Temprana en Seguridad Informática mediante Honeypots Virtualizados en Redes Empresariales**

### *Early Warning System for IT Security Using Virtualized Honeypots in Corporate Networks*

**Autor:** Oscar Javier Abuawad Lorite  ORCID

Universidad para el Desarrollo y la Innovación (UDI), Bolivia

#### **Cómo citar este artículo:**

##### **American Psychological Association, 7.<sup>a</sup> edición (APA 7):**

Abuawad Lorite, O.J. (2025). Sistema de alerta temprana en seguridad informática mediante honeypots virtualizados en redes empresariales. *Boletín Científico Fronteras Tecnológicas*, 1(1), 172-197.

##### **Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE):**

O.J. Abuawad Lorite, “Sistema de alerta temprana en seguridad informática mediante honeypots virtualizados en redes empresariales”, *Boletín Científico Fronteras Tecnológicas*, vol. 1, no. 1, 172-197, 2025. [En línea].

## RESUMEN

El estudio aborda la problemática de la detección tardía de incidentes de seguridad informática en la infraestructura de red de Lavaseco Universal LTDA., donde el tiempo de respuesta superaba las 12 horas. Con el propósito de reducir este lapso, se diseñó e implementó una solución de alerta temprana basada en honeypots virtualizados, bajo un enfoque preexperimental antes-después. La investigación se desarrolló entre agosto de 2022 y marzo de 2024, abarcando diagnóstico, diseño, implementación y validación. Para la evaluación se registraron 17 incidentes en distintas sucursales, contrastados mediante la prueba t de Welch. Los resultados evidencian una reducción significativa del tiempo medio de detección, pasando de más de 12 horas a un promedio de 4,4 horas. Además, la solución permitió recopilar información relevante sobre tácticas y técnicas de los atacantes, fortaleciendo la capacidad de respuesta y la gestión de la seguridad informática. Entre las principales fortalezas de la propuesta destacan su carácter modular, escalable y de bajo costo al estar basada en tecnologías open source, lo que la hace viable para pequeñas y medianas empresas. Si bien se identificaron limitaciones relacionadas con la ausencia de grupo control y la dependencia de un único responsable de TI, los hallazgos demuestran la efectividad de los honeypots virtualizados como herramienta de detección temprana. Se recomienda su implementación en otras organizaciones y la creación de equipos multidisciplinarios que aseguren la sostenibilidad de la estrategia.

*Palabras clave:* seguridad informática, honeypots virtualizados, detección temprana de incidentes, ciberseguridad, pequeñas y medianas empresas (PYMES).

## ABSTRACT

This study addresses the problem of delayed detection of cybersecurity incidents in the network infrastructure of Lavaseco Universal LTDA., where response times exceeded 12 hours. To reduce this gap, an early-warning solution based on virtualized Honeypots was designed and implemented using a pre-experimental before-after approach. The research was conducted between August 2022 and March 2024, covering diagnosis, design, implementation, and validation. Seventeen incidents recorded across different branches were analyzed using Welch's t-test. Results show a significant reduction in mean detection time, from over 12 hours to an average of 4.4 hours. The solution also enabled the collection of valuable information on attackers' tactics and techniques, strengthening incident response and security management. Key strengths include its modular, scalable, and low-cost nature, as it relies on open source technologies, making it suitable for small and medium-sized enterprises. Although limitations were identified—such as the absence of a control group and reliance on a single IT administrator—the findings demonstrate the effectiveness of virtualized Honeypots as an early detection tool. Broader adoption in other organizations and the establishment of multidisciplinary teams are recommended to ensure sustainability of the strategy.

*Keywords:* information security, virtualized honeypots, early incident detection, cybersecurity, small and medium-sized enterprises (SMEs).

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación aborda la necesidad de reducir el tiempo de detección de incidentes de seguridad informática en la infraestructura de red de Lavaseco Universal LTDA. El estudio se desarrolló entre agosto de 2022 y marzo de 2024, abarcando las etapas de diagnóstico, implementación de un sistema honeypot y evaluación de su efectividad.

El diagnóstico inicial permitió identificar múltiples factores que contribuyen a los incidentes de seguridad, entre ellos: evaluaciones de seguridad insuficientes, ausencia de políticas claras para el manejo de datos, falta de clasificación de la información según su nivel de confidencialidad, medidas inadecuadas de protección, tiempos de detección prolongados (superiores a 12 horas), deficiencias en la documentación y control de incidentes, así como carencias en la capacitación del personal y los controles de acceso.

Estos hallazgos evidencian una situación existente en organizaciones que no disponen de estrategias preventivas consolidadas, ni de mecanismos de respuesta eficientes frente a incidentes de seguridad. Esta carencia incrementa la exposición a riesgos cibernéticos y limita la capacidad institucional para contener sus efectos. En este contexto, la investigación se desarrolla en un entorno donde los incidentes de seguridad representan una amenaza creciente para la estabilidad operativa, la continuidad de los servicios y la confianza empresarial.

La problemática identificada en el diagnóstico guarda correspondencia con las tendencias observadas a nivel internacional, donde las brechas de seguridad continúan generando impactos económicos y operativos significativos. De acuerdo con el *Cost of a Data Breach Report de IBM*, en el 2024 el costo promedio global de una violación de datos alcanzó los 4,88 millones de dólares, lo que representó un incremento del 10 % respecto al año anterior (IBM Security, 2024). El uso de

inteligencia artificial y automatización en los centros de operaciones de seguridad ha demostrado reducir significativamente los tiempos de detección y contención de brechas, disminuyendo así los costos asociados (IBM Security, 2024).

A partir de este panorama, resulta necesario revisar las investigaciones previas que sustentan las estrategias de detección temprana de incidentes. En la literatura especializada, los honeypots han sido considerados como herramientas eficaces que permiten observar comportamientos de atacantes y recopilar información útil para fortalecer la seguridad perimetral. Chapoñan (2021) destaca que los honeypots de baja interacción permiten obtener información sobre los intrusos con un riesgo reducido. Por su parte, Acosta (2022) resalta su utilidad en el reforzamiento de la seguridad perimetral de las PYMES, al constituir una medida preventiva frente a ciberataques.

Los aportes de estudios anteriores, entre ellos los aquí referidos, respaldan el enfoque adoptado en la presente investigación, orientada al diseño e implementación de una solución de alerta temprana basada en honeypots virtualizados. La elección de este enfoque se fundamenta en su capacidad para integrar técnicas de monitoreo proactivo con herramientas de análisis que permiten reducir los tiempos de detección y respuesta ante incidentes.

La relevancia del estudio radica en el contexto actual de la computación y las telecomunicaciones, donde la creciente dependencia de la información digital exige mecanismos avanzados de protección. La aplicación de tecnologías de código abierto y soluciones escalables contribuyen a mejorar la seguridad de las redes empresariales, y promover una cultura de ciberseguridad accesible y sostenible.



Desde una perspectiva práctica, esta investigación busca fortalecer la protección de los activos de información, garantizar la continuidad del negocio y mantener la confianza de los clientes y socios. Además, tiene un impacto social al poner a disposición de otras organizaciones y la comunidad de software libre una solución escalable y modular que puede adaptarse a diversos entornos tecnológicos. Desde el punto de vista económico, ofrece una alternativa de bajo costo basada en tecnologías open source, lo que facilita su adopción por parte de distintas entidades. En el ámbito académico, el trabajo contribuye a la comprensión de amenazas cibernéticas y al desarrollo de estrategias efectivas para su mitigación.

La solución propuesta pretende ser accesible, adaptable y aplicable a las necesidades de distintas organizaciones, lo que facilita su implementación en diversos contextos tecnológicos. La investigación profundiza en la comprensión de las amenazas cibernéticas, contribuye al desarrollo de mejores prácticas en seguridad informática, y fortalece la gestión preventiva y resiliencia digital de las instituciones.

Se busca que la solución propuesta permita:

- Disminuir el tiempo de detección de incidentes de seguridad.
- Mejorar los niveles de seguridad.
- Proteger los activos de información.
- Garantizar la continuidad del negocio.
- Mantener la confianza de los clientes y socios.

El objetivo principal de la investigación fue reducir el tiempo de detección de incidentes de seguridad informática en la infraestructura de red de Lavaseco Universal LTDA., mediante el diseño e implementación de una solución de alerta temprana basada en honeypots virtualizados.

En este sentido, la incorporación de honeypots virtualizados brinda un medio técnico eficaz para registrar y analizar actividades maliciosas en entornos reales, favoreciendo la mejora continua de los mecanismos de vigilancia y la consolidación de una gestión de seguridad más proactiva dentro de la organización.

## METODOLOGÍA

La investigación adoptó un diseño preexperimental de un solo grupo, seleccionado por su adecuación a las condiciones operativas de Lavaseco Universal LTDA., donde la interrupción de los procesos normales o la conformación de un grupo control no resultaban factibles. Según Hernández-Sampieri (2014), este tipo de diseño es apropiado cuando no es posible ejercer un control total sobre las variables del entorno, pero se requiere obtener una primera aproximación empírica a la relación causa-efecto entre las variables de estudio. En este caso, el diseño preexperimental permitió evaluar de manera práctica el impacto de la implementación de honeypots virtualizados sobre el tiempo de detección de incidentes de seguridad informática, en condiciones reales de operación.

El estudio comprendió un análisis inicial del estado de la seguridad informática en la infraestructura de red de la empresa y la posterior implementación de una solución de alerta temprana basada en honeypots virtualizados, concebida bajo un enfoque de sistemas. Con un alcance explicativo, se aplicó una prueba de hipótesis orientada a establecer la relación causa-efecto entre la implementación de los honeypots y la reducción del tiempo de detección de incidentes de seguridad.

La población de estudio estuvo conformada por el personal del área de Tecnologías de la Información (TI) y la gerencia de Lavaseco Universal LTDA., quienes intervienen directamente

en la gestión y toma de decisiones sobre la seguridad informática de la empresa. Dado el tamaño reducido de la organización, la muestra coincidió plenamente con la población, la cual estuvo integrada por un miembro del área de TI y dos representantes de la gerencia.

En la fase de validación de la solución de seguridad informática, las unidades de análisis estuvieron constituidas por los incidentes de seguridad registrados en la infraestructura de red de Lavaseco Universal LTDA. Se recopilaron 17 incidentes ocurridos en diferentes sucursales, antes y después de la implementación de la solución propuesta. Estos datos permitieron comparar los tiempos de detección de eventos y evaluar el impacto de los honeypots virtualizados en la mejora de la seguridad informática de la organización.

Durante el proceso de investigación, se desarrollaron etapas secuenciales, diseñadas para asegurar la coherencia del proceso y la replicabilidad de los resultados. Estas etapas comprenden el diagnóstico, la propuesta de solución, la validación, el análisis e interpretación de resultados y la formulación de conclusiones y recomendaciones.

### **1. Diagnóstico**

En la primera etapa de la investigación se llevó a cabo un análisis integral del estado de la seguridad informática en la infraestructura de red de Lavaseco Universal LTDA., con el propósito de identificar vulnerabilidades en los mecanismos de protección y gestión de incidentes. A partir de los datos obtenidos, se identificaron los problemas críticos que limitaban la detección oportuna y la respuesta efectiva ante incidentes de seguridad. Posteriormente, se analizaron las relaciones de influencia y dependencia entre los factores detectados mediante la Matriz de Vester, técnica que posibilitó determinar el nivel de impacto de cada variable y priorizar las áreas de intervención para orientar de manera estratégica el diseño de la solución de alerta temprana.

## 2. Propuesta de solución

Se diseñó una solución de alerta temprana basada en honeypots virtualizados, desarrollada bajo un enfoque de sistemas que considera la interrelación entre los componentes técnicos, organizacionales y operativos de la seguridad informática. La solución se estructuró en cuatro fases metodológicas:

**(a) Análisis de la situación.** En esta fase se examinó de manera integral el estado de la seguridad informática en la infraestructura de red de Lavaseco Universal LTDA., identificando vulnerabilidades, debilidades en los mecanismos de detección y deficiencias en la gestión de incidentes. Se recopilaron y analizaron datos provenientes de diagnósticos técnicos, lo que permitió determinar los factores de riesgo más relevantes y definir las necesidades específicas de protección. Este análisis proporcionó la base para orientar el diseño de la solución de alerta temprana de acuerdo con las condiciones reales de la organización.

**(b) Diseño del modelo de solución.** Durante esta fase se elaboró el modelo conceptual y técnico del sistema de alerta temprana, estableciendo la arquitectura general, los componentes funcionales y las interacciones entre los honeypots virtualizados y los demás elementos de la red. Se definieron los parámetros de configuración, los protocolos de comunicación y los mecanismos de registro y alerta. El diseño siguió un enfoque de sistemas, asegurando la coherencia entre los aspectos tecnológicos, organizacionales y operativos de la seguridad informática.

**(c) Implementación del sistema.** En esta fase se materializó la propuesta mediante la instalación, configuración y puesta en funcionamiento de los honeypots virtualizados en el entorno real de la empresa. Se desarrollaron versiones adaptadas a las necesidades del sistema —una de escritorio y otra en modo consola— y se integraron a la infraestructura de red para iniciar la captura

de intentos de intrusión y tráfico sospechoso. La implementación incluyó pruebas controladas de funcionamiento para verificar la estabilidad, compatibilidad y desempeño de la solución dentro del entorno corporativo.

**(d) Comprobación funcional.** Esta fase tuvo como propósito validar la efectividad del sistema implementado en la detección temprana de incidentes de seguridad. Se realizaron análisis comparativos de los tiempos de detección antes y después de la implementación, con el fin de determinar el impacto real de la solución en la mejora de la capacidad de respuesta. Los resultados obtenidos demostraron una disminución significativa en los tiempos de detección, confirmando la eficacia del modelo propuesto y su aplicabilidad en entornos empresariales.

### 3. Validación

La validación de la solución se llevó a cabo dentro de la infraestructura de red de Lavaseco Universal LTDA., donde se implementó el sistema de seguridad informática basado en honeypots virtualizados. Con el fin de evaluar su efectividad, se desarrolló un proceso preexperimental que resultó adecuado para analizar cambios en un entorno real con una población pequeña y controlada. Este tipo de diseño permitió examinar la relación causa-efecto entre la implementación del honeypot y la reducción del tiempo de detección de incidentes de seguridad informática.

Para verificar esta relación, se aplicó la prueba estadística t de Welch para muestras independientes, lo que permitió comparar los tiempos de detección antes y después de la implementación del sistema. La prueba se ejecutó con un nivel de significancia de 0,05 y consideró un total de 17 incidentes registrados en ambas condiciones. Los resultados obtenidos evidenciaron una disminución significativa en los tiempos de detección tras la introducción del honeypot, lo que confirmó la relación causa-efecto planteada y permitió validar la hipótesis de investigación.

#### 4. Análisis e interpretación de resultados

En esta etapa se realizó un análisis detallado de los datos recolectados durante el proceso de validación, con el propósito de identificar tendencias, patrones y variaciones relevantes en los tiempos de detección de incidentes antes y después de la implementación del honeypot. Este análisis permitió comprender el comportamiento del sistema en condiciones reales y evaluar la consistencia de los registros obtenidos. Se verificó la presencia de mejoras cuantificables en la detección temprana de intrusiones, lo cual proporcionó evidencia preliminar sobre la efectividad de la solución propuesta.

Posteriormente, se interpretaron los resultados obtenidos, contrastando los valores estadísticos con los objetivos planteados en la investigación. La interpretación incluyó la valoración de la magnitud de la reducción del tiempo de detección, la significancia estadística observada y su relación con el diseño preexperimental empleado. Este proceso permitió determinar con claridad el grado de efectividad del sistema de alerta temprana basado en honeypots virtualizados y evidenciar su aporte al fortalecimiento de la seguridad informática en la infraestructura de red de la empresa. La interpretación crítica de los datos facilitó la identificación de oportunidades de mejora y potenciales líneas de investigación futura.

#### 5. Conclusiones y recomendaciones

Con base en los resultados alcanzados, se elaboraron las conclusiones de la investigación, sintetizando los aportes principales del sistema de alerta temprana y su impacto en la reducción del tiempo de detección de incidentes de seguridad informática. Estas conclusiones destacan la efectividad del honeypot virtualizado como mecanismo de monitoreo y evidencian su capacidad para generar información temprana y útil sobre intentos de intrusión. Se formularon

recomendaciones orientadas a futuras investigaciones y la implementación de soluciones similares en otras organizaciones.

La articulación de cada fase garantizó una transición ordenada entre el diagnóstico inicial y la interpretación final de los resultados, asegurando la consistencia interna del estudio y la validez de los hallazgos obtenidos. Este proceso metodológico secuencial permitió que cada etapa generara información necesaria para la siguiente, manteniendo la coherencia del procedimiento y evitando discontinuidades en el análisis. Esta estructura permitió evaluar de manera integrada el comportamiento del sistema y sustentar la solidez de las conclusiones obtenidas.

Para complementar la descripción metodológica, se presentan las principales herramientas tecnológicas empleadas en el desarrollo y validación del sistema de alerta temprana basado en honeypots virtualizados. En la siguiente tabla se sintetizan las herramientas tecnológicas utilizadas, con el principal propósito de ofrecer una visión clara y organizada de los recursos fundamentales que hicieron posible la implementación y evaluación del sistema propuesto.

**Tabla 1**

*Herramientas tecnológicas utilizadas en la investigación*

Linux Mint 21.2	Sistema operativo anfitrión donde se montó el entorno experimental y se gestionaron las máquinas virtuales.
Oracle VirtualBox 7.0	Hipervisor utilizado para crear la VM del honeypot y el entorno controlado de pruebas.
Windows XP SP3 (VM)	Sistema invitado donde se desplegó la versión de escritorio del honeypot para simular un activo vulnerable.
Archivo JSON del honeypot	Archivo que permitió definir interfaz, filtros, destino de logs (Syslog/PostgreSQL) y los once servicios vulnerables habilitados.
Kali Linux 2023.1	Plataforma utilizada para ejecutar las campañas de ataque controladas.
Nmap	Herramienta de código abierto que permitió realizar escaneos de puertos y detección de servicios durante la validación.

Metasploit Framework	Proyecto de código abierto empleado para explotar vulnerabilidades y evaluar la capacidad del honeypot para registrar ataques reales.
Microsoft Excel	Herramienta que se utilizó para procesar datos recolectados, ejecutar cálculos estadísticos y la prueba t de Welch.
Matriz de Vester	Herramienta de análisis usada en el diagnóstico para identificar influencias y dependencias entre problemas de seguridad.
Mendeley	Gestor bibliográfico utilizado para gestionar las referencias bibliográficas aplicadas en el estudio.
Python	Lenguaje de programación con el que se creó la versión de consola y la gestión de servicios vulnerables.
Amazon Web Services	Plataforma utilizada para almacenar copias de seguridad y respaldos importantes en el proceso de investigación.

*Nota.* La tabla presenta las principales herramientas empleadas en el desarrollo, ejecución y análisis del sistema de alerta temprana. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2 se muestran los parámetros esenciales del entorno experimental utilizado en la investigación para desplegar el honeypot y ejecutar las campañas de validación. En este sentido, se describen las características del hardware, la configuración de las máquinas virtuales, los servicios vulnerables habilitados, las herramientas de ataque empleadas y las variables medidas durante el proceso. Todo ello permite comprender las condiciones técnicas bajo las cuales se evaluó el desempeño del sistema.

**Tabla 2**

*Parámetros del entorno experimental utilizado en la investigación*

Parámetro	Descripción
Host físico	Linux Mint 21.2, 16 GB RAM, 1 TB SSD.
Hipervisor	Oracle VirtualBox 7.0.
VM del Honeypot	Windows XP SP3, 1 vCPU, 1 GB RAM, adaptador puente.
Configuración de red	Modo puente; servicios vulnerables habilitados para captura de ataques.
Servicios expuestos	HTTP, FTP, Telnet, SMTP, DNS, POP3, Echo, Finger, Daytime, TFTP y puertos mapeados.
Archivo de configuración	JSON con interfaz, filtros y destino de logs (Syslog/PostgreSQL).
Origen de ataques	Kali Linux 2023.1 con herramientas Nmap, Metasploit y accesos FTP señuelo.



Iteraciones de prueba	10 repeticiones por campaña; 17 observaciones pre y post implementación.
Variable medida	Tiempo de detección (ms) e identificación de huellas de ataque.
Método estadístico	Prueba t de Welch ( $\alpha = 0,05$ ).

*Nota.* En la tabla se exponen los principales parámetros que conforman el entorno experimental de la investigación. Fuente: Elaboración propia.

La metodología aplicada permitió estructurar un proceso coherente para el diseño, implementación y validación del sistema de alerta temprana basado en honeypots virtualizados. La combinación del diagnóstico inicial, el desarrollo de la solución, su comprobación funcional y el análisis estadístico ofreció un enfoque integral para evaluar su efectividad en condiciones reales de operación. De este modo, la metodología empleada contribuyó al logro de los objetivos propuestos y sentó las bases para futuras mejoras del sistema en contextos empresariales similares.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos se presentan mediante tablas y figuras que ofrecen una visión ordenada de los hallazgos alcanzados a lo largo del estudio. En primer lugar, se exponen los problemas identificados en la infraestructura de red de Lavaseco Universal LTDA., los cuales fueron analizados mediante la matriz de Vester para determinar sus niveles de influencia y dependencia. Este análisis permitió identificar los factores que ejercen mayor impacto sobre la seguridad informática de la organización y establecer prioridades para la intervención. El coeficiente obtenido confirmó la consistencia del diagnóstico realizado, aportando rigor metodológico al proceso de evaluación.

Posteriormente, se describen los resultados relacionados con el diseño, implementación y validación de la solución basada en honeypots virtualizados. La presentación de estos datos evidencia la efectividad de la herramienta en la reducción del tiempo de detección de incidentes

de seguridad, demostrando su aporte directo a la disminución del riesgo tecnológico. Las tablas y figuras asociadas permiten interpretar el desempeño del honeypot, así como el impacto positivo de su incorporación en la infraestructura de red. Estos resultados consolidan la relevancia de la propuesta tecnológica y su contribución al fortalecimiento de la seguridad informática en la organización.

El diagnóstico inicial permitió identificar los principales problemas en la infraestructura de red, los cuales fueron organizados y codificados para su análisis mediante la matriz de Vester. La Tabla 3 presenta los problemas detectados, que incluyen deficiencias en evaluaciones internas de seguridad, ausencia de políticas de manejo de información, sistemas expuestos a vulnerabilidades y limitaciones en los controles de acceso.

**Tabla 3**

*Problemas identificados en la infraestructura de red de Lavaseco Universal LTDA.*

Cód.	Problema
P1	Las evaluaciones de seguridad internas son insuficientes.
P2	Falta de una clasificación de la información según su nivel de confidencialidad
P3	Las actuales medidas de protección de datos son insuficientes para asegurar la información frente a amenazas emergentes
P4	Ausencia de políticas explícitas para el manejo, retención y eliminación de datos.
P5	El tiempo de detección de incidentes de seguridad puede llegar a más de 12 h.
P6	No se documentan los incidentes de seguridad.
P7	Falta de control de incidentes y medidas de seguridad adicionales para mitigar amenazas.
P8	Sistemas expuestos a agujeros de seguridad.
P9	No hay indicación de capacitación o concienciación en seguridad informática entre el personal.
P10	Los controles de acceso son limitados.
P11	Los sistemas críticos no están protegidos ni monitoreados activamente.

*Nota.* La tabla resume los problemas identificados en la infraestructura de red de Lavaseco Universal LTDA. Fuente: Elaboración propia.

Con el objetivo de determinar la relevancia y el impacto de cada problema identificado, se elaboró la matriz de relación influencia-dependencia, cuyos valores se muestran en la Figura 1. Esta matriz permitió identificar los problemas críticos que ejercen mayor influencia sobre la seguridad de la red y aquellos más dependientes de otros factores.

**Figura 1**

*Matriz de relación influencia-dependencia*

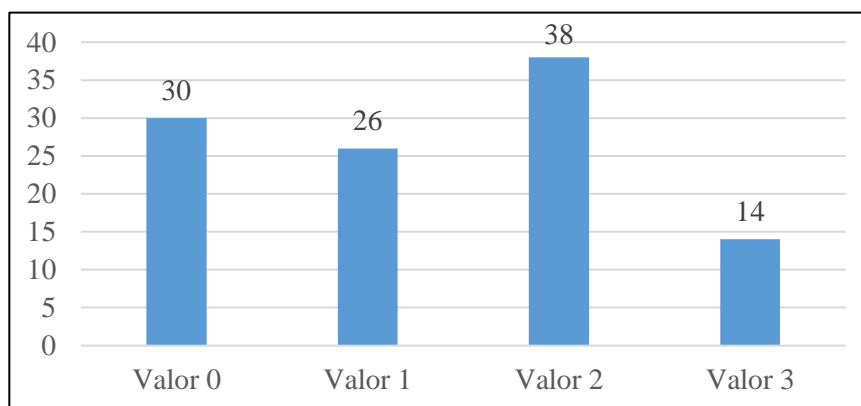
Código	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	Eje X
P1	0	0	0	0	0	3	2	0	0	3	2	10
P2	2	0	2	2	2	2	0	1	1	1	2	15
P3	0	0	0	0	2	0	0	1	2	0	1	6
P4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	3
P5	3	2	2	3	0	2	2	3	3	3	3	26
P6	2	2	1	1	2	0	0	0	0	0	2	10
P7	2	0	3	1	3	2	0	0	1	1	1	14
P8	2	0	2	2	3	0	2	0	1	1	3	16
P9	2	2	2	1	2	2	1	0	0	2	2	16
P10	1	1	1	1	3	0	1	1	0	0	2	11
P11	2	2	1	1	3	1	1	2	2	2	0	17
Eje Y	16	9	14	12	22	12	9	8	10	13	19	

*Nota.* La figura presenta la matriz de relación influencia-dependencia utilizada para analizar el nivel de impacto entre los problemas identificados en la infraestructura de red de Lavaseco Universal LTDA. Fuente: Elaboración propia.

La matriz de relación influencia-dependencia evidencia una estructura problemática heterogénea dentro de la infraestructura de red de Lavaseco Universal LTDA., donde ciertos factores actúan como elementos detonantes y otros como consecuencias de fallas sistémicas. Esta configuración permite identificar prioridades estratégicas de intervención y orientar la formulación de una solución que atienda los factores más influyentes para producir mejoras de alcance transversal en la seguridad de la red.

**Figura 2**

*Valores asignados para los cálculos en el análisis realizado mediante la matriz de Vester*



*Nota.* La figura ilustra los valores asignados a cada categoría para el cálculo de influencias y dependencias dentro del análisis realizado mediante la matriz de Vester. Fuente: Elaboración propia.

Para realizar los cálculos de influencia y dependencia, se asignaron valores específicos a cada categoría, como se ilustra en la Figura 2. Este procedimiento permitió cuantificar de manera sistemática el nivel de influencia y dependencia de cada problema identificado, facilitando la comparación y priorización de los mismos dentro de la infraestructura de red. Además, la asignación de valores estandarizados asegura que cada factor sea evaluado bajo criterios

uniformes, lo que disminuye la subjetividad del análisis y posibilita identificar de forma objetiva los problemas con mayor impacto en la seguridad de la red, así como aquellos cuya resolución depende de otros elementos críticos.

La consistencia del análisis se verificó mediante el coeficiente obtenido a partir de la matriz de Vester, que resultó en 14,89 % (menor al 30 %), lo cual indica que los resultados son confiables y reflejan de manera precisa la criticidad relativa de los problemas priorizados (Véase: Tabla 4). Este enfoque proporciona una base sólida para la toma de decisiones, asegurando que las intervenciones propuestas se centren en los aspectos más críticos de la seguridad informática de Lavaseco Universal LTDA.

**Tabla 4**

*Coeficiente obtenido a partir de la matriz de Vester*

Total, de ponderaciones asignadas	94
No. de ponderaciones con valor asignado 3	14
Coeficiente obtenido (%)	14,89%

*Nota.* La tabla muestra el coeficiente resultante del análisis de ponderaciones asignadas en la matriz de Vester, utilizado para determinar el nivel de criticidad del problema priorizado. Fuente: Elaboración propia.

La investigación incluyó el desarrollo e implementación de un honeypot virtualizado como solución de alerta temprana frente a incidentes de seguridad. Los aspectos principales del proceso se resumen en la Tabla 6, destacando el diseño de versiones de escritorio y consola, la instalación en la infraestructura de Lavaseco Universal LTDA., y la validación mediante la prueba t de Welch

para analizar la relación entre la implementación del honeypot y la reducción del tiempo de detección de incidentes.

**Tabla 5**

*Aspectos clave del diseño, implementación y validación del honeypot*

Aspecto	Descripción
Diseño del honeypot	Se desarrolló un honeypot virtualizado con dos versiones: una de escritorio y otra en modo consola.
Implementación del honeypot	El honeypot se instaló en la infraestructura de red de Lavaseco Universal LTDA., ubicada en Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
Prueba de hipótesis	Se aplicó la prueba t de Welch para muestras independientes con el propósito de analizar la relación causa-efecto entre la implementación del honeypot y la reducción del tiempo de detección. La hipótesis de investigación (H1) plantea un efecto positivo, mientras que la hipótesis nula (H0) sostiene la ausencia de impacto significativo.
Disminución del tiempo de detección	Se registró una reducción notable en el tiempo de detección de incidentes, pasando de más de 12 horas a un promedio de 4,4 horas.

*Nota.* La tabla sintetiza los elementos principales del proceso de diseño, implementación y validación del honeypot virtualizado aplicado en la investigación. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que la implementación de un sistema de alerta temprana mediante honeypots virtualizados contribuye de manera significativa a resolver el problema de la detección tardía de incidentes de seguridad en la infraestructura de red de Lavaseco Universal LTDA. La solución desarrollada permitió reducir el tiempo de detección de incidentes de más de 12 horas a un promedio de 4,4 horas, lo que facilita una respuesta más rápida frente a las amenazas y minimiza el impacto potencial de los incidentes sobre la operación de la empresa. Este hallazgo evidencia la efectividad del enfoque propuesto y su relevancia para mejorar la protección de los sistemas críticos dentro de la organización.

La información obtenida a través de los honeypots sobre las tácticas y técnicas empleadas por los atacantes proporciona insumos valiosos para mejorar las estrategias de defensa y prevenir futuros incidentes de seguridad. La solución implementada optimiza la gestión de la seguridad de

la información en Lavaseco Universal LTDA., y ofrece un modelo replicable para otras organizaciones que buscan implementar sistemas de alerta temprana en sus redes. Estos resultados demuestran la importancia de integrar herramientas de monitoreo proactivo como los honeypots virtualizados para el desarrollo de soluciones de seguridad informática más efectivas y sostenibles.

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio permiten realizar una interpretación crítica de la importancia que desempeñan los honeypots virtualizados dentro de una estrategia de seguridad informática aplicada a una organización en crecimiento. El diagnóstico inicial evidenció brechas significativas en la gestión de incidentes y la capacidad de detección temprana, lo que refuerza la necesidad de integrar mecanismos que alerten ante actividades maliciosas y proporcionen información detallada sobre el comportamiento de los atacantes. En este sentido, las evidencias obtenidas en Lavaseco Universal LTDA. coinciden con la definición propuesta por INCIBE (2019), que caracteriza a los honeypots como sistemas diseñados para atraer ataques con el propósito de estudiar tácticas, técnicas y procedimientos (TTP). En la presente investigación se demuestra cómo la virtualización optimiza la eficiencia operativa, reduce la dependencia de infraestructura física y habilita capacidades avanzadas de monitoreo que no han sido exploradas con la misma profundidad en trabajos previos centrados en entornos tradicionales.

Un análisis comparativo con investigaciones anteriores permite contextualizar la relevancia de los hallazgos. Joshi & Sardana (2011) demostraron la eficacia de los honeypots para identificar escaneos, ataques de fuerza bruta y accesos no autorizados en estudios experimentales. Los resultados obtenidos en Lavaseco Universal LTDA. concuerdan con estas observaciones, pero aportan evidencia adicional al provenir de un entorno empresarial real, con variaciones operativas,

tráfico auténtico y múltiples factores internos, lo que incrementa la validez de los datos recopilados.

Spitzner (2003) y Jurado (2016) destacaron las ventajas complementarias entre honeypots de baja y alta interacción; sin embargo, la presente investigación introduce una dimensión adicional al demostrar que la virtualización permite ajustar los niveles de interacción sin comprometer los recursos computacionales, disminuyendo barreras de adopción para organizaciones pequeñas o medianas. Este contrapunteo entre teoría y práctica evidencia que la virtualización reafirma los beneficios identificados en estudios previos, y habilita nuevas posibilidades en términos de escalabilidad, automatización y gestión integrada de incidentes.

Otro aspecto relevante se relaciona con la interacción entre los honeypots y otras herramientas de seguridad. Los resultados del presente estudio evidencian que su integración con sistemas como Metasploit, Nessus o plataformas en la nube genera un ecosistema de seguridad más robusto. Esta integración permite trascender un registro meramente descriptivo de eventos y adoptar un enfoque de inteligencia de amenazas capaz de correlacionar patrones, identificar vulnerabilidades explotadas y sustentar decisiones estratégicas de seguridad. En Lavaseco Universal LTDA., los honeypots se consolidan como un componente articulado en una estrategia de defensa integral, lo cual aporta insumos relevantes para el análisis forense, la priorización de vulnerabilidades y la mitigación de riesgos.

A pesar de los avances logrados, el estudio presenta limitaciones metodológicas que deben ser consideradas. El número reducido de incidentes registrados (17) restringe la posibilidad de establecer patrones con un alto grado de generalización y puede limitar la observación de variantes más sofisticadas de ataque. Por otra parte, la falta de un grupo de control impide comparar la



efectividad de la solución con tecnologías o configuraciones alternativas, lo que reduce el alcance de las conclusiones. El reconocimiento de estas limitaciones permite contextualizar los resultados y orientar investigaciones futuras hacia muestras ampliadas y análisis comparativos más complejos.

Desde la perspectiva académica, los hallazgos del estudio permiten profundizar en la discusión teórica sobre la utilidad de los honeypots en entornos empresariales. Tradicionalmente, la literatura ha enfatizado su función como mecanismo de captura de información; sin embargo, los resultados muestran que su implementación también contribuye a la consolidación de prácticas de seguridad preventiva, al fortalecimiento de competencias en análisis forense y a la generación de datos relevantes para la comprensión de amenazas emergentes.

La documentación sistemática de incidentes constituye un recurso valioso para la formación de profesionales en ciberseguridad, ya que facilita el estudio de patrones de explotación, técnicas de ataque y comportamientos adversarios, elementos esenciales para la generación de conocimiento aplicado. El estudio abre vías para explorar la interoperabilidad de los honeypots con arquitecturas de monitoreo avanzado, ofreciendo un marco conceptual para investigaciones orientadas a la automatización, la inteligencia artificial o la correlación dinámica de eventos.

Desde la perspectiva profesional, los resultados indican que los honeypots virtualizados constituyen una estrategia viable y costo-efectiva para fortalecer la postura de seguridad de organizaciones con recursos limitados. La reducción del tiempo de detección de incidentes, la visibilidad detallada sobre amenazas y la capacidad de integrar información operativa aportan beneficios directos para la gestión de riesgos.

La implementación de esta solución contribuye a la estructuración formal de procesos de respuesta a incidentes, la consolidación de roles más definidos dentro del equipo de TI y al fortalecimiento de una cultura organizacional orientada a la seguridad. Estas capacidades adquieren un valor estratégico en contextos como el de Lavaseco Universal LTDA., donde se proyecta la creación de un Centro de Operaciones de Seguridad (SOC) y la adopción progresiva de modelos de ciberseguridad más maduros.

Esta investigación valida la relevancia de los honeypots virtualizados como herramientas de alerta temprana y análisis de amenazas, y propone un marco integral para su uso en entornos empresariales reales. Los resultados ofrecen implicaciones significativas para el ámbito académico y la práctica profesional, pues permiten demostrar que la combinación de honeypots con mecanismos de gestión de vulnerabilidades y herramientas de análisis contribuyen a mejorar la seguridad informática, minimizar riesgos y fortalecer la resiliencia organizacional. Los hallazgos abren oportunidades para nuevas líneas de investigación orientadas a la automatización, el análisis avanzado de amenazas y la evolución de arquitecturas adaptativas de seguridad.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos evidencian que la incorporación de los honeypots virtualizados constituyen una estrategia efectiva para fortalecer la detección temprana de incidentes en entornos corporativos con recursos limitados. La reducción del tiempo medio de detección, sustentada en mediciones comparativas antes y después de la implementación, confirma que la captura directa de tráfico malicioso permite identificar comportamientos hostiles con mayor rapidez y precisión. Este desempeño se traduce en un incremento sustancial de la capacidad de monitoreo, una mejora

en la visibilidad sobre las actividades no autorizadas y un soporte más sólido para la toma de decisiones operativas en materia de seguridad informática.

El proceso desarrollado permitió demostrar que una arquitectura basada en honeypots virtualizados puede integrarse con éxito en la infraestructura tecnológica de una PYME, sin afectar la operación diaria ni exigir inversiones elevadas. Las mejoras observadas en los tiempos de reacción, la gestión de incidentes y la comprensión del comportamiento de los atacantes reflejan el alcance de la propuesta y aportan evidencia de su utilidad en contextos empresariales que buscan elevar su madurez en ciberseguridad.

En función de los resultados, se proyectan varias líneas de acción que pueden ampliar el impacto de esta iniciativa. Una primera dirección consiste en replicar la solución en organizaciones con distintos niveles de complejidad tecnológica, con el fin de validar su rendimiento en infraestructuras heterogéneas y explorar su integración con controles avanzados de seguridad. Resulta pertinente promover investigaciones orientadas a comparar distintos tipos de honeypots, automatizar la correlación de eventos y evaluar su desempeño frente a amenazas emergentes. Se recomienda fortalecer los programas de capacitación del personal técnico y operativo, ya que la eficacia de estas soluciones depende de la adecuada interpretación de los registros obtenidos y la capacidad institucional para responder de forma oportuna ante incidentes.

## AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento a Lavaseco Universal LTDA. por facilitar el acceso a su infraestructura tecnológica y brindar las condiciones necesarias para el desarrollo de esta investigación, como el apoyo operativo y la disponibilidad del personal del área de Tecnologías de la Información. Asimismo, se reconoce el respaldo académico recibido durante su formación

como Ingeniero Informático y Magíster en Auditoría y Seguridad Informática en la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno (UAGRM), cuyo acompañamiento técnico y orientaciones metodológicas contribuyeron al fortalecimiento de este estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R. (2022). *Propuesta basada en la seguridad lógica perimetral en las Pymes, como estrategia para la protección contra ciberataques*. [Monografía presentada para optar por el título de Especialista en Seguridad Informática, Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD]. Repositorio Institucional UNAD, Bogotá.  
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/49276>
- Chapoñan, S.D. (2021). *Análisis comparativo de honeypot de baja interacción honeyd y kfsensor implementados virtualmente*. [Tesis de Grado, Universidad Señor de Sipán]. Repositorio Universidad Señor de Sipán (USS).  
<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/9066>
- Genero, M., Cruz-Lemus, J.A. & Piattini, M.G. (2015). *Métodos de investigación en ingeniería del software*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.  
<https://dspace.itsjapon.edu.ec/xmlui/handle/123456789/2525>
- Hernández- Sampieri, R., Fernández-Collado, C. & Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6a edición). Mc Graw Hill Education.  
[https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_-\\_roberto\\_hernandez\\_sampieri.pdf](https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf)

- IBM Security. (30 de julio de 2024). *Cost of a Data Breach Report 2024: Escalating data breach disruption pushes costs to new highs*. Newsroom IBM. <https://newsroom.ibm.com/2024-07-30-ibm-report-escalating-data-breach-disruption-pushes-costs-to-new-highs>
- Instituto Nacional de Ciberseguridad (INCIBE). (2019). *Guía de implantación de un honeypot industrial*. [https://www.incibe.es/sites/default/files/contenidos/guias/doc/incibe-cert\\_guia\\_implantacion\\_honeypot\\_industrial.pdf](https://www.incibe.es/sites/default/files/contenidos/guias/doc/incibe-cert_guia_implantacion_honeypot_industrial.pdf)
- Joshi, R.C. & Sardana, A. (2011). *Honeypots. A new paradigm to Information Security*. CRC Press. [https://www.iacr.org/books/2015\\_tf\\_joshi\\_honeypots.pdf](https://www.iacr.org/books/2015_tf_joshi_honeypots.pdf)
- Jurado, D. (2016). *Análisis y estudio de honeypots complejos: honeynets* [Trabajo de Fin de Grado en Ingeniería Informática, Universidad Autónoma de Madrid, Escuela Politécnica Superior]. Repositorio Institucional UAM. <https://repositorio.uam.es/handle/10486/676952>
- Spitzner, L. (2003). *Honeypots: Tracking Hackers*. Addison Wesley. Pearson Education. <https://archive.org/details/honeypotstrackin0000spit/page/n5/mode/2up>
- Swathi, T., Srikanth, K., & Raghunath, S. (2014). Virtualization in Cloud Computing. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 3(5), 540 – 546. <https://www.ijcsmc.com/docs/papers/May2014/V3I5201499a.pdf>



## **Marco para la Gestión de Requerimientos de Software Basado en la Norma ISO/IEC/IEEE 15289**

### ***Framework for Software Requirements Management Based on ISO/IEC/IEEE 15289***

**Autor:** Kenji Kawaida Villegas  ORCID

Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Bolivia

#### **Cómo citar este artículo:**

##### **American Psychological Association, 7.<sup>a</sup> edición (APA 7):**

Kawaida Villegas, K. (2025). Marco para la gestión de requerimientos de software basado en la norma ISO/IEC/IEEE 15289. *Boletín Científico Fronteras Tecnológicas*, 1(1), 198-218.

##### **Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE):**

Kawaida Villegas, “Marco para la gestión de requerimientos de software basado en la norma ISO/IEC/IEEE 15289”, *Boletín Científico Fronteras Tecnológicas*, vol. 1, no. 1, 198-218, 2025. [En línea].





## RESUMEN

La investigación tiene como finalidad mejorar el proceso de gestión de requerimientos en el desarrollo de software en KYTECH LLC, a través del diseño de un marco de trabajo con base en la norma ISO/IEC/IEEE 15289. El marco teórico se estructura mediante el método de índices, abordando fundamentos sobre análisis y gestión de requerimientos, procesos, estándares y herramientas. A partir de encuestas y entrevistas aplicadas a *stakeholders* y al equipo de desarrollo, se identifican los principales problemas, destacando la falta de claridad y consistencia en los documentos. Como respuesta, se propone un marco de trabajo que incorpora técnicas, herramientas y buenas prácticas. Su implementación en la empresa demuestra mejoras en la claridad de los requerimientos y mayor satisfacción entre los involucrados, confirmando la efectividad de la propuesta.

*Palabras clave:* gestión de requerimientos, ingeniería de software, norma ISO/IEC/IEEE 15289, modelos de procesos.

## ABSTRACT

The purpose of this research is to improve the requirements management process in software development at KYTECH LLC by designing a framework based on the ISO/IEC/IEEE 15289 standard. The theoretical framework is structured using the index method, addressing fundamentals of requirements analysis and management, processes, standards, and tools. Based on surveys and interviews with stakeholders and the development team, the main problems are identified, highlighting the lack of clarity and consistency in the documents. In response, a framework incorporating techniques, tools, and best practices is proposed. Its implementation in



the company demonstrates improvements in the clarity of requirements and greater satisfaction among those involved, confirming the effectiveness of the proposal.

*Keywords:* requirements management, software engineering, ISO/IEC/IEEE 15289 standard, process models.

## INTRODUCCIÓN

La gestión de requerimientos constituye una de las actividades más críticas dentro de la ingeniería de software, dado que influye directamente en la planificación, el desarrollo y la calidad final de los productos. Cuando esta etapa no se ejecuta adecuadamente, surgen problemas como sobrecostos, retrasos, reprocesos y soluciones tecnológicas que no responden a las necesidades reales del cliente (Sommerville, 2011). En el caso de KYTECH LLC, se han identificado deficiencias relacionadas con la claridad, consistencia y trazabilidad en la documentación de requerimientos, lo que repercute en la eficiencia del desarrollo y en la satisfacción de los diferentes *stakeholders*. Esta situación evidencia la necesidad de adoptar un enfoque metodológico más robusto que permita estandarizar los procesos y mejorar la alineación entre los objetivos del negocio y los entregables del software.

Desde la perspectiva teórica, la literatura especializada destaca que la correcta gestión de requerimientos constituye un factor decisivo para garantizar el éxito de los proyectos. Estudios como los del Standish Group (2020) revelan que cerca del 45 % de las funcionalidades desarrolladas no se utilizan, reflejando una gestión deficiente de requerimientos. Frente a este desafío, el uso de estándares internacionales ofrece un marco sólido para guiar el proceso. En particular, la norma ISO/IEC/IEEE 15289 establece lineamientos precisos para la generación, estructura y mantenimiento de los productos de información dentro de un ciclo de vida de software,



facilitando la claridad, coherencia y trazabilidad documental. Su aplicación favorece la reducción de la incertidumbre, mitiga errores recurrentes y contribuye a mejorar la comunicación entre los equipos involucrados.

La pertinencia de este estudio radica en su contribución al fortalecimiento de los procesos de documentación de requerimientos en KYTECH LLC, una empresa que busca elevar la calidad de sus desarrollos y consolidar su competitividad en el sector del software. La incorporación de un marco de trabajo basado en la norma ISO/IEC/IEEE 15289 permitirá superar las limitaciones identificadas, estandarizar los procedimientos y mejorar la gestión de información crítica para la toma de decisiones. Este aporte se alinea con las tendencias actuales de la industria, que demandan mayor eficiencia, transparencia y trazabilidad en los procesos de desarrollo.

En este contexto, el propósito del estudio es diseñar un marco de trabajo fundamentado en la norma ISO/IEC/IEEE 15289 que optimice la documentación y trazabilidad de los requerimientos, fortaleciendo la alineación entre las necesidades del negocio y los productos desarrollados. El marco propuesto se estructura a partir de la identificación sistemática de las problemáticas existentes, la revisión de estándares internacionales y la definición de procedimientos claros y replicables. Su implementación y evaluación permitirán demostrar su efectividad en la mejora de los procesos internos de KYTECH LLC y su contribución al incremento de la calidad y competitividad de sus proyectos de software.

## METODOLOGÍA

El presente estudio adopta un enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos para evaluar la gestión de requerimientos en KYTECH LLC. Desde la perspectiva cuantitativa, se recopilaron datos mediante instrumentos estructurados que permitieron medir variables clave como claridad, consistencia, trazabilidad y calidad de la documentación de

requerimientos antes y después de la intervención. De manera complementaria, el componente cualitativo incluyó entrevistas semiestructuradas y análisis documental, con el fin de comprender las percepciones de los participantes, identificar patrones recurrentes y profundizar en las causas de las deficiencias detectadas en los procesos actuales.

Como bien señalan Hernández-Sampieri et al. (2014), esta integración metodológica permite obtener una visión más completa del fenómeno estudiado, asegurando que los resultados no se limiten a cambios cuantitativos, sino que también reflejen transformaciones significativas en las prácticas, procesos y dinámicas del equipo de trabajo. En el contexto de la gestión de requerimientos, esto se traduce en mejoras en la forma en que los *stakeholders*, desarrolladores y jefes de proyecto interactúan, documentan y validan la información crítica. De esta manera, la aplicación del marco de trabajo basado en la norma ISO/IEC/IEEE 15289 optimiza la estructura documental y los procedimientos técnicos. Además, fortalece la coordinación y la eficiencia operativa dentro del equipo, generando un impacto positivo en la calidad y confiabilidad de los proyectos de software.

Se emplea un diseño preexperimental con mediciones antes y después, donde el mismo grupo de participantes es evaluado inicialmente sin la implementación del marco de trabajo basado en la norma ISO/IEC/IEEE 15289 y posteriormente con su aplicación. Este diseño resulta apropiado para contextos organizacionales donde no es viable conformar grupos de control debido a limitaciones estructurales, éticas u operativas. Además, permite medir los efectos de la propuesta bajo condiciones similares, reduciendo la influencia de variables externas y asegurando que las comparaciones reflejen de manera más precisa el impacto real del marco de trabajo en la gestión de requerimientos.

El estudio se centra en la gestión de requerimientos dentro de KYTECH LLC e involucra a los principales actores vinculados con la definición, documentación y validación de dichos requerimientos. La muestra está conformada por 24 participantes que representan los roles clave del proceso. Entre ellos se encuentran seis *stakeholders* responsables de la definición y validación de los requerimientos, doce integrantes del equipo de desarrollo encargados de la implementación y documentación técnica, y seis jefes de proyectos y analistas cuyas funciones se orientan a la planificación, seguimiento y trazabilidad de la información generada. Todos los participantes forman parte de la empresa y cuentan con experiencia previa en proyectos que requieren una gestión estructurada de requerimientos, lo que garantiza la pertinencia de su participación y la fiabilidad de los datos recopilados.

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en tres fases, con el propósito de garantizar la coherencia del proceso y la replicabilidad del estudio. En la primera fase se elaboró el marco teórico, para lo cual se empleó el método de índice con el fin de estructurar de manera sistemática los contenidos conceptuales. Se aplicó el análisis documental para revisar literatura científica relevante y normas internacionales relacionadas con la gestión de requerimientos, proporcionando la base conceptual necesaria para sustentar la investigación.

La segunda fase se centró en el diagnóstico y análisis de los problemas presentes en el proceso de gestión de requerimientos. Para ello se utilizaron diversas técnicas de recolección de datos, entre ellas encuestas dirigidas a *stakeholders* y desarrolladores con el fin de evaluar su percepción sobre la claridad, consistencia y trazabilidad de los requerimientos. Complementariamente, se realizaron entrevistas a jefes de proyectos y analistas, lo que permitió profundizar en las dificultades experimentadas durante la planificación y el seguimiento. Una vez recolectada la información, se procedió al análisis de resultados con el propósito de identificar

patrones, deficiencias y áreas críticas del proceso. La validación de la información se efectuó mediante la triangulación metodológica y la Matriz de Vester, lo cual permitió priorizar los problemas identificados, determinando su impacto y grado de influencia dentro de la organización.

La tercera fase correspondió al diseño e implementación del marco de trabajo basado en la norma ISO/IEC/IEEE 15289. En esta etapa se adoptó un enfoque de sistemas que permitió considerar de manera integral los procesos, actores y herramientas involucradas en la gestión de requerimientos. Para evaluar la efectividad de la propuesta, se aplicó un método preexperimental dividido en dos momentos: una primera evaluación sin la aplicación del marco de trabajo, cuyo objetivo fue medir el estado actual de la gestión de requerimientos, y una segunda evaluación posterior a su implementación. Previo a este proceso se llevó a cabo una normalización de los requerimientos seleccionados para que todos se ajustaran a un único criterio de aceptación y pudieran ser comparados de forma homogénea. Los resultados obtenidos antes y después de la intervención fueron analizados mediante la prueba estadística de Wilcoxon, lo que permitió determinar si existían cambios significativos en la claridad, consistencia y trazabilidad de los requerimientos.

**Tabla 1**

*Herramientas y tecnologías utilizadas en la gestión y análisis de requerimientos*

Categoría	Herramienta / Tecnología	Uso en la investigación
Análisis de datos	SPSS	Procesamiento estadístico de encuestas y validación de hipótesis mediante la prueba de Wilcoxon.
	Excel	Realización de cálculos preliminares y representación gráfica de los resultados.
Software y plataformas	JIRA	Gestión de tareas relacionadas con la implementación del marco de trabajo.
	Figma	Validación visual de documentos y modelado de requerimientos.
	Miro	Estructuración de diagramas de procesos y técnicas de análisis.



Draw.io / Excalidraw	Construcción de diagramas de procesos, modelos de gestión y estructuras conceptuales.
ReqView	Gestión y trazabilidad de requerimientos, facilitando documentación estructurada y control de versiones.

*Nota.* La tabla presenta las herramientas de análisis de datos y software de apoyo empleadas en la investigación. Fuente: Elaboración propia.

La metodología aplicada permitió estructurar de manera sistemática todo el proceso de investigación, desde la elaboración del marco teórico y el diagnóstico de problemas hasta el diseño e implementación del marco de trabajo basado en la norma ISO/IEC/IEEE 15289. La combinación de técnicas de recolección y análisis de datos, la priorización de problemas mediante la Matriz de Vester, la normalización de los requerimientos y el uso de herramientas tecnológicas especializadas garantizaron la coherencia, validez y replicabilidad del estudio. Este enfoque metodológico facilitó la identificación de deficiencias críticas en la gestión de requerimientos y permitió evaluar el impacto del marco propuesto para su aplicación en contextos organizacionales similares.

## RESULTADOS

La evaluación del impacto del marco de trabajo basado en la norma ISO/IEC/IEEE 15289 se llevó a cabo mediante el análisis comparativo de tres métricas fundamentales para la gestión de requerimientos: claridad, consistencia y satisfacción de *stakeholders*. Estas métricas fueron seleccionadas por su influencia directa en la calidad del proceso de documentación y trazabilidad, así como la percepción que los actores clave tienen sobre la utilidad y precisión de los requerimientos generados.

El estudio incluyó una medición previa a la implementación del marco de trabajo (pretest) y una evaluación posterior a su aplicación (postest). Esta comparación permitió cuantificar los cambios generados tras la incorporación del marco, y analizar con mayor profundidad cómo estas



mejoras se reflejaron en la claridad, consistencia y satisfacción de los *stakeholders*. El contraste entre ambas mediciones ofreció una visión más objetiva y completa del impacto del marco de trabajo en los procesos internos, evidenciando una optimización significativa en la gestión de requerimientos y una mayor alineación con la norma ISO/IEC/IEEE 15289.

**Tabla 2**

*Valores obtenidos en las métricas aplicadas*

ID	Claridad Pretest	Consistencia Pretest	Satisfacción Pretest	Claridad Postest	Consistencia Postest	Satisfacción Postest
R1	2	1	2	2	3	3
R2	2	1	2	3	2	3
R3	1	2	1	3	2	3
R4	2	1	2	3	3	3
R5	1	1	1	3	2	3
R6	2	1	2	2	2	3
R7	1	1	1	3	3	2
R8	2	1	2	2	3	2
R9	1	2	1	1	2	3
R10	2	1	2	3	2	3
R11	1	1	1	3	2	3
R12	2	1	2	2	2	2
R13	1	1	1	3	1	2
R14	2	1	2	2	3	3
R15	1	1	1	3	2	2
R16	2	1	2	2	3	3
R17	1	1	1	1	2	2
R18	2	1	2	3	1	3
R19	1	2	1	3	3	2
R20	2	1	2	2	3	2

*Nota.* La tabla muestra los valores pretest y postest de las métricas evaluadas, permitiendo comparar los cambios obtenidos tras la implementación del marco de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

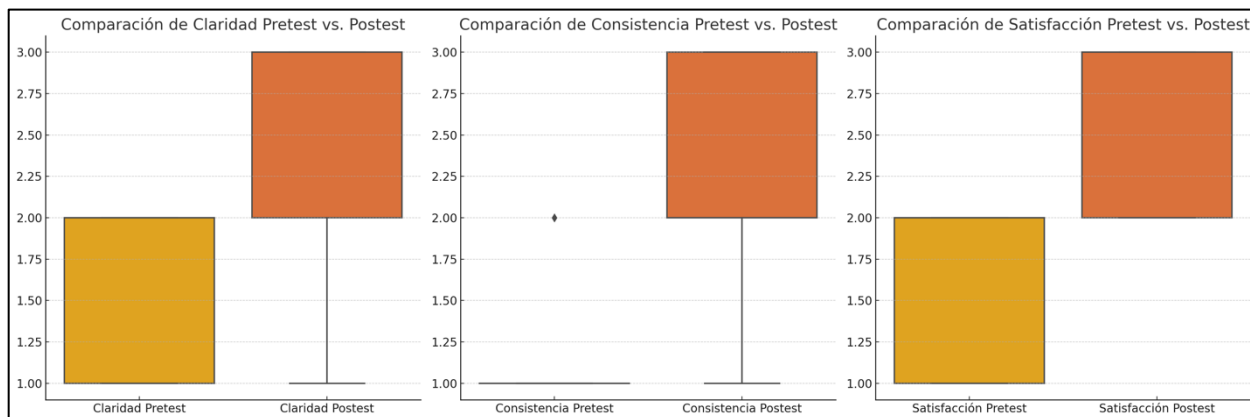
La Tabla 2 resume los valores obtenidos en cada una de las métricas antes y después de la aplicación del marco de trabajo, lo cual permite observar de manera comparativa la evolución de

los requerimientos evaluados. Esta estructura facilita la identificación de patrones de mejora y posibles variaciones en la claridad, consistencia y satisfacción de los *stakeholders*.

Los resultados muestran una tendencia de incremento general en las puntuaciones postest de las tres métricas evaluadas. De forma particular, la mejora es más evidente en los indicadores de claridad y consistencia, lo que evidencia un efecto directo de la normalización documental y de la aplicación de los procedimientos establecidos en el marco de trabajo. La Figura 1 ilustra visualmente la evolución de cada métrica antes y después de la implementación, confirmando la tendencia ascendente observada en la tabla.

**Figura 1**

*Evolución de las métricas*



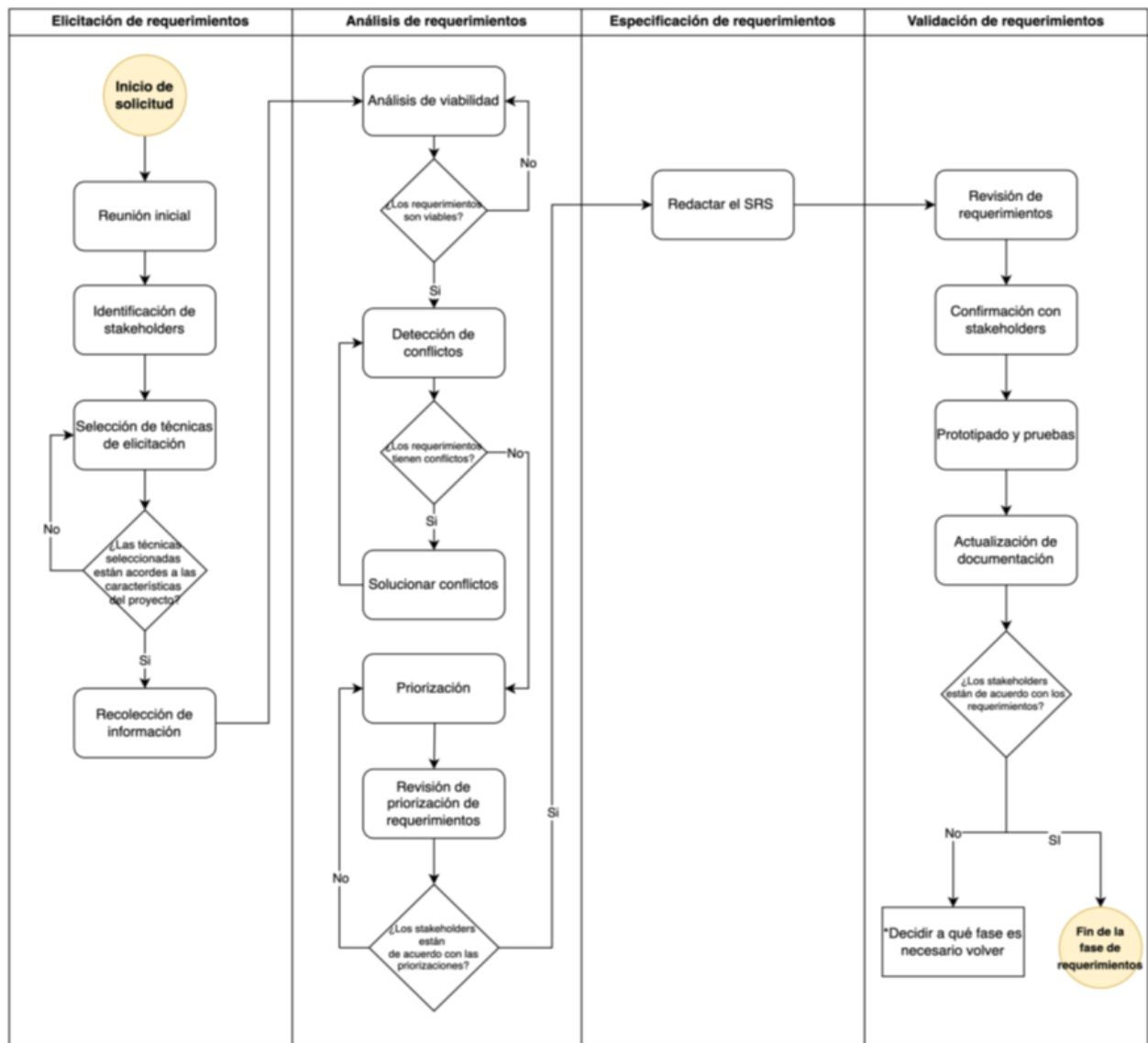
*Nota.* La Figura 1 muestra la evolución de las métricas de claridad, consistencia y satisfacción de los stakeholders antes y después de la implementación del marco de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

A partir del diagnóstico realizado, se diseñó un marco de trabajo basado en la norma ISO/IEC/IEEE 15289 para optimizar la gestión de requerimientos y fortalecer la alineación entre las necesidades del negocio y los entregables de software. La Figura 2 presenta un diagrama de

flujo que ilustra la estructura general del marco, detallando las etapas y elementos clave que lo componen.

**Figura 2**

*Marco de trabajo para la gestión de requerimientos en KYTECH LLC*



*Nota.* La Figura 2 ilustra el flujo completo de actividades del marco de trabajo, destacando los puntos de decisión y las iteraciones necesarias para garantizar claridad, consistencia y alineación con las expectativas de los stakeholders. Fuente: Elaboración propia.



La elección de este marco se fundamenta en la necesidad de contar con un enfoque flexible y adaptable. La norma ISO/IEC/IEEE 15289 establece los elementos de información y documentación necesarios a lo largo del ciclo de vida del software, mientras que la norma ISO/IEC/IEEE 29148 define los procesos para la elaboración, análisis y validación de los requerimientos. La combinación de ambas normas permite desarrollar un marco pertinente, que asegura claridad, estandarización y consistencia en la documentación. Además, ofrece flexibilidad para adaptarse a las particularidades de los proyectos y metodologías de KYTECH LLC.

El marco de trabajo incluye las siguientes dimensiones:

- 1. Claridad en la gestión de requerimientos.** Se definen lineamientos precisos para documentar los requerimientos de manera comprensible para todos los actores, evitando ambigüedades y facilitando la interpretación de la información por parte del equipo de desarrollo y *stakeholders*.
- 2. Estandarización y consistencia.** Se unifica el formato y la metodología de documentación de los requerimientos, asegurando uniformidad a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto, lo que contribuye a reducir errores y malentendidos.
- 3. Flexibilidad y adaptación.** Las directrices del marco son orientativas, lo que permite adaptarlas según el contexto del proyecto, las competencias del equipo y la dinámica organizacional.
- 4. Elicitación de requerimientos.** La selección de técnicas de recolección de información se realiza mediante una matriz de cruce que considera disponibilidad, complejidad de la información y características de los *stakeholders*, utilizando entrevistas, talleres, cuestionarios, observación y prototipos según corresponda.

5. **Análisis de requerimientos.** Se evalúa la viabilidad técnica, económica y de cronograma, se identifican conflictos, se priorizan los requerimientos mediante el Análisis Kano (Ramírez y Mejía, 2014) y se asegura la coherencia entre los requerimientos funcionales y no funcionales.
6. **Especificación de requerimientos.** Se documentan de forma detallada todas las funcionalidades y restricciones del sistema, siguiendo las plantillas y lineamientos establecidos en las normas ISO/IEC/IEEE 15289 y 29148.
7. **Validación de requerimientos.** Se verifica la claridad, consistencia y completitud de los requerimientos mediante listas de verificación y sesiones de confirmación con los *stakeholders*. Se desarrollan prototipos de las interfaces principales para evaluar la funcionalidad y usabilidad de los requerimientos.

La aplicación del marco de trabajo en la muestra de KYTECH LLC evidenció un impacto positivo en las métricas evaluadas: claridad, consistencia y satisfacción de los *stakeholders*. Tras su implementación, los requerimientos se documentaron con mayor precisión y uniformidad, reduciendo ambigüedades y redundancias. La estandarización promovida por el marco disminuyó las discrepancias entre diferentes versiones de los documentos, mientras que su flexibilidad permitió adaptar los procesos a las particularidades de cada proyecto.

El análisis comparativo de las mediciones pretest y posttest mostró transformaciones significativas en la gestión y documentación de los requerimientos. Antes de la implementación, se identificó dispersión en las puntuaciones, falta de estandarización, inconsistencias en la redacción y escasa trazabilidad, lo que generaba confusión entre los equipos de desarrollo y dificultaba la comunicación con los *stakeholders*. Posteriormente, se observó mayor homogeneidad en los documentos, mejoras en la claridad gracias a plantillas estructuradas y

criterios unificados de aceptación, así como reducción de ambigüedades, redundancias y discrepancias entre versiones.

La consistencia y trazabilidad presentaron avances importantes, lo cual fortaleció la correlación entre requerimientos funcionales y no funcionales. Además, se disminuyeron los errores en las fases de diseño e implementación. La satisfacción de los *stakeholders* aumentó, reflejando una percepción más positiva sobre la comunicación, validación y alineación de los entregables con sus expectativas. La prueba estadística de Wilcoxon confirmó que estas diferencias son significativas ( $p < 0.05$ ), lo que valida la eficacia del marco y demuestra que su implementación genera mejoras sostenibles y tangibles en la calidad del desarrollo de software.

La incorporación de técnicas de elicitación estructuradas y la priorización de requerimientos mediante métodos como el Análisis Kano optimizó la planificación y asignación de recursos, asegurando que los esfuerzos del equipo se concentraran en los elementos de mayor valor para el negocio. La implementación del marco fortaleció la gestión documental, promovió la colaboración entre los actores del proyecto y mejoró la trazabilidad de los requerimientos. Los hallazgos demuestran que un marco de trabajo basado en estándares internacionales genera beneficios tangibles en la calidad del desarrollo de software, facilitando la planificación, ejecución y control de proyectos de manera más eficiente y confiable.

## DISCUSIÓN

Los resultados evidencian que la implementación del marco de trabajo basado en la norma ISO/IEC/IEEE 15289 produjo mejoras sustanciales en la gestión de requerimientos de KYTECH LLC en términos de claridad, consistencia y satisfacción de los *stakeholders*. Esta mejora se articula directamente con lo planteado por Lamsweerde (2012), quien concibe los marcos de trabajo como estructuras flexibles capaces de ordenar procesos complejos sin perder adaptabilidad.



El comportamiento observado —reducción de ambigüedades, mayor uniformidad documental y decisiones mejor fundamentadas— confirma empíricamente que la adopción de un marco formal aporta estabilidad metodológica y facilita la gestión del conocimiento a lo largo del ciclo de desarrollo, tal como sugiere Lamsweerde (2012).

De manera similar, los hallazgos se alinean con las premisas de Sommerville (2011), quien sostiene que la claridad en los requerimientos disminuye el riesgo de inconsistencias y errores interpretativos. En KYTECH LLC, la implementación del marco propuesto produjo una mejora notable en la precisión y coherencia de los requerimientos, lo que confirma la advertencia del autor respecto a los efectos de trabajar sin una metodología estructurada (Sommerville, 2011). La experiencia de la organización refuerza esta perspectiva, ya que el uso del marco permitió unificar criterios de redacción, fortalecer la coherencia interna y mejorar la trazabilidad, elementos que Sommerville (2011) reconoce como indicadores fundamentales de calidad.

El estudio guarda coherencia con los planteamientos de Robertson & Robertson (2013) y Wiegers & Beatty (2013), quienes sostienen que el análisis de requerimientos constituye un proceso iterativo orientado a un perfeccionamiento continuo. La evidencia obtenida —disminución de ambigüedades, flujo más ordenado de validación y mejoras claras en la actualización de versiones— confirma que la iteración defendida por estos autores es condición necesaria para el refinamiento sistemático. Asimismo, los resultados fortalecen la tesis de Laplante & Kassab (2022), según la cual la calidad del análisis determina en gran medida la viabilidad del sistema final. La mayor correspondencia entre requerimientos documentados y expectativas de los *stakeholders* observada en este estudio, constituye un ejemplo concreto de esa relación causal propuesta por los autores Laplante & Kassab (2022).



En la comparación con investigaciones previas, los resultados coinciden con lo señalado por Jiang et al. (2008), quienes evidencian que la estandarización de procesos disminuye errores de interpretación y reduce solicitudes de cambio. El comportamiento registrado en KYTECH LLC —menor dispersión en las versiones, reducción de inconsistencias y documentación más uniforme— confirma esta tendencia. La mayor satisfacción de los *stakeholders* encontrada en este estudio se alinea con las conclusiones de Laporte (2013), quien subraya que los marcos estructurados fortalecen la comunicación y alineación entre requerimientos y entregables. Este punto es especialmente relevante, pues sugiere que la aplicación del marco mejora los procesos internos y la percepción externa de calidad.

La literatura también sugiere matices que enriquecen la interpretación de los resultados. Glinz (2007) y Nielsen (2019) señalan que los requerimientos no funcionales —como usabilidad, confiabilidad y seguridad— pueden influir significativamente en la percepción global del sistema. Aunque el presente estudio se centró en requerimientos funcionales y documentación, los planteamientos de estos autores permiten anticipar líneas futuras de análisis, pues comprender cómo los procesos estandarizados impactan la calidad percibida en dimensiones no funcionales podría ofrecer un panorama más integral sobre la efectividad del marco adoptado.

Los hallazgos se corresponden con los fundamentos teóricos revisados y refuerzan resultados previos que destacan la utilidad de marcos estructurados para mejorar la gestión de requerimientos. Este estudio aporta evidencia adicional que sugiere cómo la estandarización metodológica —cuando es aplicada de forma rigurosa— potencia la consistencia, trazabilidad y alineación con las necesidades del negocio. De este modo, los resultados tienen implicaciones relevantes tanto para la práctica profesional como para la consolidación de procesos organizacionales centrados en la calidad, posicionando el uso de marcos normativos como un

elemento estratégico para mejorar la eficiencia y reducir riesgos en proyectos de desarrollo de software.

Los resultados obtenidos reflejan mejoras significativas, pero es necesario reconocer ciertas limitaciones que condicionan la interpretación de los hallazgos. La evaluación se desarrolló en una única empresa y sobre un número restringido de proyectos, lo que limita la posibilidad de generalizar los resultados a otros contextos organizacionales sin una consideración cuidadosa de sus particularidades. El periodo de medición posterior a la implementación fue relativamente corto, impidiendo un análisis completo en el impacto sostenido del marco de trabajo a lo largo del tiempo; sin embargo, los hallazgos del estudio poseen implicaciones significativas para la práctica profesional y la investigación académica en el ámbito del desarrollo de software.

La evidencia sugiere que la adopción de marcos de trabajo basados en estándares internacionales contribuye a mejorar la calidad, consistencia y eficiencia en la gestión de requerimientos. De manera complementaria, la integración de estos marcos con metodologías ágiles puede fortalecer la definición temprana de los requerimientos, optimizando las iteraciones iniciales, y asegurando una mayor alineación entre los objetivos del proyecto y las expectativas de los *stakeholders*. Los resultados abren oportunidades para futuras investigaciones donde se pueda evaluar la escalabilidad y adaptabilidad del marco de trabajo propuesto en contextos organizacionales más amplios.

## CONCLUSIONES

El estudio permitió evaluar el impacto de un marco de trabajo basado en la norma ISO/IEC/IEEE 15289 en la gestión de requerimientos de software en KYTECH LLC, evidenciando mejoras significativas en claridad, consistencia y satisfacción de los *stakeholders*. Los resultados confirman que la aplicación de estándares estructurados optimiza la

documentación, fortalece la trazabilidad y facilita la alineación entre los requerimientos y el producto final, validando empíricamente la eficacia del marco mediante análisis estadísticos con la prueba de Wilcoxon.

La investigación también profundizó en los aspectos teóricos y metodológicos del análisis y gestión de requerimientos, identificando debilidades críticas en los procesos existentes, como la falta de claridad y consistencia en la documentación, que impactan directamente en la calidad de los proyectos. La integración de procedimientos estandarizados, plantillas y guías basadas en la norma ISO/IEC/IEEE 15289 permitió estructurar un marco de trabajo que ordena, sistematiza y mejora los procesos de elicitación, análisis, especificación y validación de requerimientos, ofreciendo evidencia sólida de su efectividad en un contexto preexperimental.

A partir de estos hallazgos, se recomienda fortalecer la sostenibilidad del marco mediante capacitación periódica de los equipos de desarrollo y *stakeholders*, así como la expansión de su alcance para incluir gestión de cambios, verificación continua, trazabilidad avanzada y validación permanente. La incorporación de componentes de seguridad de la información y la aplicación del marco en otros proyectos permitirá evaluar su adaptabilidad y consolidarlo como herramienta organizacional estable. Se sugiere que futuras investigaciones consideren muestras más amplias, diseños experimentales con grupos de control y la difusión sistemática de experiencias para promover buenas prácticas en la gestión de requerimientos en la industria del software.

## AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a KYTECH LLC por permitir el acceso a sus procesos y al equipo de desarrollo, así como a los *stakeholders* por su participación, la cual fue esencial en la recolección de los datos necesarios para la investigación. Se reconoce la contribución de los asesores y colegas



académicos de la Universidad Autónoma “Gabriel René Moreno” (UAGRM) por la orientación, revisión crítica y apoyo técnico que fortalecieron el rigor metodológico y conceptual del estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

- Catania, J.T. (2006). Requirements Analysis: A Review. En T. Sobh & K. Elleithy (Eds.), *Advances in Systems, Computing Sciences and Software Engineering* (pp. 411–418). Dordrecht, Países Bajos: Springer. [https://doi.org/10.1007/1-4020-5263-4\\_64](https://doi.org/10.1007/1-4020-5263-4_64)
- Dick, J., Hull, E., & Jackson, K. (2017). *Requirements Engineering* (4th ed.). Cham, Suiza: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-61073-3>
- Glinz, M. (2007). *On Non-Functional Requirements. Proceedings of the IEEE International Requirements Engineering Conference*, 21–26. <https://doi.org/10.5167/uzh-205149>
- Gunter, C.A., Gunter, E.L., Jackson, M., & Zave, P. (2000). A reference model for requirements and specifications. *IEEE Software*, 17(3), 37–43. <https://doi.org/10.1109/52.896248>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista-Lucio, M.P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ª ed.). McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, México D.F. [https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_-\\_roberto\\_hernandez\\_sampieri.pdf](https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf)
- ISO/IEC/IEEE. (2018). ISO/IEC/IEEE 29148:2018 – Systems and Software Engineering—Life Cycle Processes—Requirements Engineering. Ginebra: ISO. <https://www.iso.org/standard/72089.html>
- ISO/IEC/IEEE. (2019). ISO/IEC/IEEE 15289:2019 – Systems and Software Engineering—Content of Life-Cycle Information Items (Documentation). Ginebra: ISO. <https://www.iso.org/standard/74909.html>




- Jiang, L., Eberlein, A., Far, B.H., & Mousavi, M. (2008). A methodology for the selection of requirements engineering techniques. *Software & Systems Modeling*, 7, 303–328.  
<https://doi.org/10.1007/s10270-007-0055-y>
- Lamsweerde, A. (2012). *Requirements Engineering: From System Goals to UML Models to Software Specifications* (3th ed.). Gran Bretaña: Bell & Bain, Glasgow.  
<https://toaz.info/doc-view-3>
- Laplante, P.A., & Kassab, M.H. (2022). *Requirements Engineering for Software and Systems* (4th ed.). EEUU: CRC Press-Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.1201/9781003129509>
- Laporte, C.Y., O'Connor, R.V., & Fanmuy, G. (2013). International systems and software engineering standards for very small entities. *CrossTalk – The Journal of Defense Software Engineering*, 26(3), 28–33. <https://hdl.handle.net/10344/3083>
- Mead, N.R., Hough, E.D., & Stehney, T.R. (2005). *Security Quality Requirements Engineering (SQUARE) Methodology (CMU/SEI-2005-TR-009)*. Pittsburgh, PA: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University.  
[https://www.sei.cmu.edu/documents/751/2005\\_005\\_001\\_14594.pdf](https://www.sei.cmu.edu/documents/751/2005_005_001_14594.pdf)
- Nielsen, J. (2019). Usability 101: Introduction to Usability. Nielsen Norman Group.  
<http://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability>
- Nuseibeh, B., & Easterbrook, S. (2000). Requirements engineering: A roadmap. En Proceedings of the Conference on the Future of Software Engineering (ICSE 2000) (pp. 35–46). Nueva York: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/336512.336523>
- Pohl, K. & Rupp, C. (2015). *Requirements Engineering Fundamentals: A Study Guide for the Certified Professional for Requirements Engineering Exam* (2nd ed.). EEUU: Rocky Nook.  
<https://www.bbau.ac.in/dept/dit/TM/requirementsengi.pdf>

- Ramírez, C. y Mejía, J. (2014). Metodología Kano para el diseño de un sitio web de turismo de aventura. *Mercados y Negocios*, 15(1), 92-110. <http://doi.org/10.32870/myn.v0i29.5265>
- Robertson, S., & Robertson, J. (2013). *Mastering the Requirements Process: Getting Requirements Right* (3th ed.). United States: Pearson Education. <https://ptgmedia.pearsoncmg.com/images/9780321815743/samplepages/0321815742.pdf>
- Sommerville, I. (2011). *Software Engineering* (9<sup>th</sup> ed.). Boston, Massachusetts, United States: Addison-Wesley (Pearson Education). <https://engineering.futureuniversity.com/BOOKS%20FOR%20IT/Software-Engineering-9th-Edition-by-Ian-Sommerville.pdf>
- Standish Group. (2020). CHAOS 2020: Beyond Infinity. Boston, MA: The Standish Group International. <https://www.standishgroup.com/collections/frontpage/products/copy-of-chaos-report-beyond-infinity-digital-version>
- Wieggers, K., & Beatty, J. (2013). *Software Requirements* (3th ed.). Redmond, WA, EE.UU.: Microsoft Press. (Colección Developer Best Practices). <https://ptgmedia.pearsoncmg.com/images/9780735679665/samplepages/9780735679665.pdf>

## **Inteligencia artificial en la formación en investigación predoctoral: una propuesta desde la práctica formativa**

*Artificial intelligence in predoctoral research training: a proposal based on training practice*

**Autora:** Laura Monsalve Lorente  ORCID

Universidad de Valencia (Universitat de València), España

### **Cómo citar este artículo:**

**American Psychological Association, 7.<sup>a</sup> edición (APA 7):**

Monsalve Lorente, L. (2025). Inteligencia artificial en la formación en investigación predoctoral: una propuesta desde la práctica formativa. *Boletín Científico Fronteras Tecnológicas*, 1(1), 219-240.

**Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE):**

L. Monsalve Lorente, “Inteligencia artificial en la formación en investigación predoctoral: una propuesta desde la práctica formativa”, *Boletín Científico Fronteras Tecnológicas*, vol. 1, no. 1, 219-240, 2025. [En línea].

## RESUMEN

La irrupción de la inteligencia artificial generativa en los entornos académicos ha generado un profundo debate en torno a sus implicaciones en los procesos de producción del conocimiento, especialmente en la etapa de formación investigadora. Este artículo presenta una propuesta desarrollada en el Programa de Doctorado en Educación de la Universitat de València (España), centrada en el uso ético, reflexivo y formativo de herramientas como ChatGPT, Copilot, Perplexity AI y NotebookLM en la elaboración de la tesis doctoral. Desde una perspectiva crítica y situada, se analizan las oportunidades y dilemas que plantea la IA generativa para la autonomía, autoría e integridad académica. Asimismo, se discuten orientaciones para su integración curricular, alineadas con marcos normativos nacionales e internacionales. A través de la descripción de un seminario formativo específico, se exploran estrategias pedagógicas para formar investigadores capaces de integrar estas herramientas sin comprometer el pensamiento crítico ni la integridad científica. El texto busca contribuir a la construcción de una cultura investigadora responsable, que integre el pensamiento crítico, la alfabetización digital avanzada y la ética del conocimiento.

*Palabras clave:* inteligencia artificial generativa, tesis doctoral, ética académica, formación investigadora, pensamiento crítico.

## ABSTRACT

The emergence of generative artificial intelligence in academic settings has sparked a deep debate about its implications for knowledge production, particularly during research training. This article presents an initiative developed within the Doctoral Program in Education at the University of Valencia (Spain), focused on the ethical, reflective, and formative use of tools such as ChatGPT, Copilot, Perplexity AI, and

NotebookLM in the writing of doctoral dissertations. From a critical and situated perspective, the article analyzes the opportunities and dilemmas that generative AI poses for academic autonomy, authorship, and integrity. It also outlines curricular integration guidelines aligned with national and international policy frameworks. Through the description of a specific training seminar, pedagogical strategies are explored to train researchers capable of integrating these tools without compromising critical thinking or scientific integrity. This contribution aims to support the development of a responsible research culture that embraces critical thinking, advanced digital literacy, and knowledge ethics.

*Keywords:* generative artificial intelligence, doctoral dissertation, academic ethics, research training, critical thinking.

## INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) generativa ha irrumpido en la esfera académica con una rapidez sin precedentes, transformando la manera en que estudiantes, docentes e investigadores acceden, procesan y producen información. El vertiginoso avance de herramientas como ChatGPT, Copilot, Perplexity AI o NotebookLM ha puesto al alcance de cualquier usuario la posibilidad de generar textos argumentativos, sintetizar bibliografía, redactar borradores de artículos o sugerir marcos teóricos complejos (Floridi & Chiriatti, 2020; García-Peñalvo, 2024).

Esta transformación representa un punto de inflexión en la evolución histórica de los recursos utilizados en la elaboración de trabajos académicos. Desde la escritura manuscrita y el uso de bibliotecas físicas en las décadas de 1960 y 1970 del siglo XX, pasando por la incorporación de la máquina de escribir durante los años 1970 y 1980 y el uso generalizado del ordenador personal en la década de 1990, hasta llegar a la era de

Internet y las bibliotecas digitales en los años 2000, cada avance tecnológico ha modificado sustancialmente los procesos de producción del conocimiento (Kitchin, 2014).

La IA generativa, emergente desde 2022, representa la última fase de esta evolución, introduciendo capacidades de redacción asistida, generación de ideas y resúmenes automáticos que plantean nuevos retos éticos sobre autoría, plagio, transparencia y dependencia tecnológica. Estas nuevas capacidades abren oportunidades para la democratización del conocimiento, pero también plantean desafíos profundos en relación con la integridad académica y la propia concepción del proceso investigador.

En el contexto de la formación doctoral, donde se espera que el doctorando desarrolle pensamiento crítico, autonomía investigativa y capacidad argumentativa, el uso de la IA generativa puede funcionar como una herramienta de apoyo o como un atajo que debilita los procesos reflexivos (Mollick & Mollick, 2023). Resulta urgente proponer estrategias formativas que permitan integrar estas tecnologías de manera ética, transparente y pedagógicamente significativa, especialmente en programas de formación doctoral donde la originalidad y el rigor científico son fundamentales.

Esta necesidad se ve reforzada por el déficit de marcos normativos y prácticas institucionales que guíen el uso académico de la IA generativa. La carencia de protocolos, directrices de evaluación y formación específica para tutores y doctorandos genera vacíos que comprometen la originalidad del trabajo y favorecen formas indeseadas de dependencia tecnológica. Ante esta situación, resulta necesario documentar experiencias pedagógicas que muestren estrategias efectivas para integrar la IA de manera ética y formativa.

El estudio presenta y analiza una propuesta desarrollada en el Programa de Doctorado en Educación de la Universitat de València (España), orientada al uso ético,

reflexivo y formativo de herramientas como ChatGPT, Copilot, Perplexity AI y NotebookLM en la elaboración de tesis doctorales. La descripción de un seminario formativo y la discusión de orientaciones curriculares alineadas con marcos normativos nacionales e internacionales ofrecen recomendaciones transferibles a programas que buscan garantizar la autonomía investigativa y el rigor científico en contextos mediados por la tecnología.

Este artículo tiene como objetivo principal contribuir a la construcción de una cultura académica que, sin renunciar a la innovación tecnológica, sitúe la formación en investigación como un proceso ético, reflexivo y humanamente comprometido. Específicamente, se busca reflexionar sobre las implicaciones éticas y pedagógicas del uso de la IA generativa en la elaboración de tesis doctorales, analizar estrategias formativas dirigidas al uso responsable de estas herramientas, y proponer orientaciones para su integración curricular en programas de doctorado.

## **DESARROLLO**

### **IA generativa en investigación académica: aplicaciones y dilemas en la elaboración de tesis doctorales**

La incorporación de tecnologías emergentes en la educación ha sido objeto de múltiples estudios en las dos últimas décadas (Selwyn, 2019; Luckin et al., 2016). En el caso específico de la IA generativa, su capacidad para producir contenido de forma autónoma ha desatado tanto entusiasmo como preocupación. En el ámbito de la educación superior, se debate intensamente sobre si estas herramientas pueden potenciar los procesos de aprendizaje o, por el contrario, generar una dependencia que atrofie las habilidades cognitivas superiores (Mhlanga, 2023).

En el contexto de la formación en investigación, estas tensiones adquieren una complejidad particular, pues la producción de conocimiento exige autonomía intelectual,

criterio analítico y dominio metodológico. La irrupción de la IA generativa interpela directamente estos procesos, pues ofrece soluciones automatizadas para tareas que tradicionalmente requerían habilidades avanzadas, como la síntesis crítica de literatura, construcción argumentativa o formulación conceptual. Esta situación plantea nuevos desafíos pedagógicos y éticos para los programas de posgrado, los cuales deben redefinir qué significa formar investigadores en un escenario donde la frontera entre la producción humana y asistida por la IA generativa se vuelve cada vez más difusa.

Autores como Kitchin (2014) y Williamson & Piattoeva (2018) destacan que el uso de tecnologías como la IA debe ser abordado no solo desde su funcionalidad, sino también desde las epistemologías que vehiculan: ¿qué tipo de conocimiento promueven? ¿qué procesos se invisibilizan? ¿qué relaciones de poder se reproducen o transforman con su uso? Estas preguntas resultan clave en el ámbito investigativo, donde la producción original y rigurosa del conocimiento es un valor central.

En este contexto, la discusión sobre la IA generativa adquiere relevancia al situarse dentro de estas preocupaciones epistemológicas. La manera en que estas herramientas intervienen en la construcción del conocimiento abre espacio para reflexionar sobre sus efectos en la autonomía investigativa, transparencia metodológica y legitimidad académica de los procesos formativos.

Desde esta perspectiva, la IA generativa ofrece múltiples aplicaciones en el proceso de elaboración de tesis doctorales que pueden clasificarse en diferentes categorías (Boden, 2016; Popenici & Kerr, 2017):

**Redacción y estilo:** La IA puede asistir en la redacción de borradores iniciales, corrección gramatical, reformulación de textos complejos y mejora del estilo académico. Herramientas como ChatGPT o DeepL Write permiten reformular párrafos para mejorar su claridad sin alterar el contenido sustancial.



**Análisis y datos:** En el ámbito del análisis cualitativo, la IA puede ofrecer sugerencias para la codificación de entrevistas o proponer agrupaciones temáticas. En análisis cuantitativos, puede ayudar a explicar resultados estadísticos o generar interpretaciones preliminares que el investigador debe validar críticamente.

**Apoyo metodológico:** Las herramientas de IA pueden sugerir enfoques metodológicos, proponer preguntas de investigación complementarias o ayudar en la estructuración de capítulos, siempre bajo la supervisión y decisión final del investigador.

**Gestión bibliográfica:** Herramientas especializadas como Elicit, Consensus o Scite facilitan la revisión sistemática de literatura, la evaluación de citas académicas y la identificación de tendencias de investigación.

La incorporación de estas tecnologías introduce nuevas formas de interacción entre eficiencia técnica y responsabilidad académica, lo que exige una reflexión constante sobre el grado de intervención apropiado y el rol que debe conservar el investigador en la toma de decisiones intelectuales. Uno de los dilemas más recurrentes es el relacionado con la línea difusa entre apoyo tecnológico y delegación cognitiva. Este punto remite a la necesidad de incorporar el análisis ético en todas las fases de la investigación, y generar una cultura formativa que promueva la autonomía crítica frente a la dependencia tecnológica (Orozco & Lamberto, 2022).

El panorama descrito evidencia que la IA generativa ha transformado las dinámicas tradicionales de producción científica y las responsabilidades de quienes investigan en programas doctorales. Una mirada crítica que reconozca su potencial e implicaciones epistemológicas permite fortalecer marcos de actuación para tutores y doctorandos, orientando decisiones informadas y éticamente fundamentadas. De este modo, la reflexión sobre la IA generativa se consolida como un eje fundamental para

enfrentar los desafíos contemporáneos de la formación en investigación y establece las bases para abordar los aspectos normativos y éticos que orientan su uso responsable.

## **Marco normativo y consideraciones éticas: el caso de España y la Universitat de València**

El Reglamento Europeo sobre la Inteligencia Artificial (AI Act.) establece el primer marco legal específico para la IA a nivel mundial. Este reglamento clasifica los sistemas de IA por nivel de riesgo (mínimo, limitado, alto, prohibido) y sitúa la IA generativa en la categoría de riesgo limitado, aunque con requisitos específicos de transparencia y trazabilidad (Parlamento Europeo, 2024).

Las implicaciones para las universidades incluyen la obligación de informar claramente sobre el carácter no humano del contenido generado, la transparencia sobre los datos de entrenamiento utilizados, y la prohibición de generar contenido ilegal o discriminatorio. Además, el Reglamento Europeo sobre la Inteligencia Artificial (AI Act.) no solo establece requisitos de transparencia para los sistemas de IA generativa, sino que también promueve la trazabilidad, lo que implica la posibilidad de auditar los procesos de generación de contenido.

En España, la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial (ENIA) establece principios éticos fundamentales: transparencia, supervisión humana, no discriminación y seguridad, fomentando específicamente el uso ético en educación e investigación (Gobierno de España, 2020). Complementariamente, la Ley Orgánica del Sistema Universitario (LOSU) promueve la integridad académica y la lucha contra el plagio, principios que se extienden también a contenidos generados con IA (Ley Orgánica 2/2023).

El Ministerio de Ciencia e Innovación (2023) ha desarrollado documentos marco sobre la incorporación ética de la inteligencia artificial en la investigación, estableciendo

directrices específicas para el ámbito universitario que enfatizan la supervisión humana y la responsabilidad en el uso de estas tecnologías. Estos documentos destacan la importancia de garantizar que la IA se utilice como herramienta de apoyo y no como sustituto del juicio crítico del investigador, promoviendo la transparencia en los procesos, la trazabilidad de los resultados y la atribución adecuada de la autoría.

La Universitat de València ha desarrollado un marco normativo específico para el uso de IA generativa en contextos académicos. El Código Ético de la institución fomenta el compromiso con la integridad, la transparencia y el respeto a la autoría, principios que se extienden al uso de tecnologías emergentes (Universitat de València, 2019).

Las recomendaciones internas establecen que la IA puede utilizarse como apoyo siempre que no sustituya el pensamiento propio del estudiante. Específicamente, se requiere declarar el uso de la IA cuando haya influido sustancialmente en el texto y se prohíbe su uso para la interpretación de resultados o elaboración de aportaciones originales (Universitat de València, 2023). Además, la universidad ha desarrollado iniciativas formativas específicas, incluyendo pautas para un uso ético de la IA en docencia universitaria, proyectos de innovación educativa sobre IA responsable, y un Experto Universitario en IA, Derecho y Ética que aborda fundamentos técnicos, éticos y legales de estas tecnologías.

Este marco normativo muestra un escenario en el que la regulación europea, las políticas nacionales y las directrices institucionales convergen hacia un principio común: garantizar que la IA generativa se integre en la educación superior de manera ética, transparente y compatible con la integridad académica. La experiencia de España y, particularmente, de la Universitat de València, evidencia un esfuerzo sostenido por consolidar prácticas responsables que fortalezcan la autoría, trazabilidad y supervisión humana en los procesos de investigación.

Esta articulación normativa orienta la construcción de capacidades formativas que permitan a las universidades afrontar los desafíos emergentes del ecosistema digital con rigor, claridad y responsabilidad institucional; sin embargo, la normativa por sí sola no basta para transformar las prácticas académicas: su eficacia depende de la creación de una cultura formativa que prepare a los doctorandos para emplear la IA de manera crítica y responsable, una dimensión que constituye el eje central de la propuesta práctica que desarrolla este artículo.

### **Experiencia formativa: seminario sobre IA en formación doctoral**

Como respuesta a estos desafíos, en el segundo cuatrimestre del curso académico 2024-2025 se impartió el seminario “Aplicaciones académicas de la IA para la elaboración de la tesis doctoral”, integrado en el plan de formación transversal del Programa de Doctorado en Educación de la Universitat de València. Con una duración de seis horas dividido en dos sesiones, fue concebido como un espacio de reflexión colectiva, análisis crítico y experimentación con herramientas de inteligencia artificial generativa, desde una perspectiva pedagógica y ética.

La estructura del seminario combinó momentos expositivos, ejercicios prácticos y dinámicas dialógicas. El programa se organizó en diez bloques temáticos:

**Bloque 1: Introducción histórica.** Se presentó la evolución de los recursos utilizados en la elaboración de tesis doctorales, desde la escritura manual hasta la IA generativa, contextualizando el momento actual como parte de una transformación histórica más amplia.

**Bloque 2: Avances y desafíos de la IA generativa.** Se analizaron las aplicaciones, ventajas y dilemas éticos de la IA en contextos académicos, proporcionando una base conceptual sólida para el resto de la formación.

**Bloque 3: Marco normativo y ético.** Se discutieron las regulaciones europeas, españolas e institucionales, enfatizando la importancia del cumplimiento normativo y la responsabilidad ética.

**Bloques 4-5: Casos aplicados y herramientas específicas.** Se presentaron herramientas como ChatGPT, Perplexity AI, NotebookLM, Consensus, Scite, y Elicit, analizando sus funcionalidades para la investigación doctoral.

**Bloque 6: Creación de prompts efectivos.** Se enseñaron principios para la redacción de instrucciones claras y específicas, con ejemplos prácticos aplicados a diferentes fases del proceso de investigación.

**Bloque 7: Análisis bibliométrico con Scopus.** Se introdujeron técnicas cuantitativas para analizar la producción científica, identificar tendencias y justificar la relevancia del marco teórico.

**Bloque 8: Plataforma RAPID.** Se presentó la herramienta oficial de la Escuela de Doctorado para la gestión del Plan de Investigación Doctoral.

**Bloque 9: Ejercicio práctico.** Los participantes redactaron borradores de sus Planes de Investigación, utilizando IA generativa de forma ética y supervisada.

**Bloque 10: Cierre y recomendaciones.** Se consolidaron las buenas prácticas y se establecieron criterios para el uso responsable de estas tecnologías.

## Herramientas tecnológicas utilizadas

Durante el seminario se exploraron diversas herramientas de IA generativa, cada una con aplicaciones específicas para la investigación doctoral.

**Tabla 1**

*Herramientas tecnológicas utilizadas en el seminario*

Herramienta	Aplicación principal en investigación doctoral
ChatGPT	Redacción asistida, reformulación y razonamiento textual.
Microsoft Copilot	Automatización de tareas en Word y Excel; apoyo en escritura y análisis.

<b>Perplexity AI</b>	Búsqueda conversacional con fuentes académicas actualizadas.
<b>NotebookLM</b>	Análisis, síntesis y organización de documentos personales.
<b>Consensus</b>	Respuestas científicas basadas en literatura revisada por pares.
<b>Scite</b>	Evaluación del impacto de citas académicas y verificación de afirmaciones.
<b>Elicit</b>	Apoyo en revisiones sistemáticas de literatura y exploración de evidencia.

*Nota.* La tabla muestra las herramientas tecnológicas utilizadas en el seminario “Aplicaciones académicas de la IA para la elaboración de la tesis doctoral” del Doctorado en Educación de la Universitat de València. Fuente: Elaboración propia.

Esta diversidad de herramientas permitió a los participantes comprender que la IA generativa no se limita a un único modelo, sino que existe un ecosistema de aplicaciones especializadas para diferentes necesidades investigativas. La comparación entre sus funcionalidades posibilitó identificar ventajas, restricciones y niveles de fiabilidad de cada recurso, promoviendo un criterio más informado a la hora de seleccionar tecnologías que contribuyan a cada fase del trabajo doctoral.

La experiencia formativa demostró el potencial de la IA generativa para apoyar el desarrollo de competencias investigativas, siempre que su uso se oriente por criterios éticos, supervisión académica y reflexión crítica. Desde una comprensión equilibrada de sus beneficios y límites, el seminario reforzó una cultura doctoral que integra la innovación tecnológica sin comprometer la integridad científica y fomenta su empleo como apoyo estratégico, no como reemplazo del pensamiento propio.

### **Aprendizajes, dilemas éticos y buenas prácticas desarrolladas**

El seminario generó un espacio fértil para el debate y la toma de conciencia sobre el impacto de la IA en la práctica investigativa. Los doctorandos y doctorandas manifestaron sorpresa ante la eficacia de las herramientas, pero también mostraron preocupación por su posible uso acrítico y su potencial para erosionar la autoría académica.

Entre los aprendizajes más destacados se encuentran:

**Desarrollo de una relación crítica con la IA:** Los y las participantes comprendieron la importancia de mantener un juicio crítico sobre los contenidos generados, validando siempre la información y contrastándola con fuentes académicas rigurosas.

**Valor de la transparencia:** Se reconoció la necesidad de declarar el uso de IA en los trabajos académicos como un principio fundamental de integridad académica, no como una limitación sino como una fortaleza del proceso investigador.

**Importancia del acompañamiento ético:** Se identificó el papel crucial del profesorado tutor en la mediación ética del uso de estas tecnologías, estableciendo criterios claros y supervisando su aplicación.

**Potencial formativo específico:** Se valoró positivamente el uso de IA para tareas como estructuración de ideas, exploración de referentes teóricos, revisión de estilo y traducción técnica, siempre que se utilicen como instrumentos y no como sustitutos del trabajo intelectual.

Estos aprendizajes evidencian que, junto con las oportunidades formativas, la incorporación de la IA generativa en la investigación doctoral conlleva desafíos éticos que requieren atención. La reflexión crítica sobre el uso de estas herramientas abrió el camino para identificar situaciones en las que su aplicación podría comprometer la autoría, integridad académica o autonomía investigativa, señalando la necesidad de establecer pautas claras y criterios responsables de utilización.

Se detectó una falta generalizada de criterios claros para el uso de estas tecnologías, así como una necesidad urgente de formación en alfabetización digital avanzada. Los principales dilemas éticos identificados fueron:

**Autoría y originalidad:** ¿Dónde se sitúa el límite entre la asistencia tecnológica y la suplantación del pensamiento original? Los participantes debatieron casos concretos sobre el uso legítimo de IA para diferentes tipos de tareas académicas.

**Transparencia vs. estigmatización:** Algunos estudiantes expresaron preocupación por posibles prejuicios hacia trabajos que declaren el uso de IA, planteando la necesidad de normalizar su uso ético en lugar de ocultarlo.

**Dependencia tecnológica:** Se discutió el riesgo de desarrollar una dependencia excesiva de estas herramientas que pueda atrofiar las capacidades de pensamiento crítico y escritura autónoma.

**Equidad en el acceso:** Se plantearon preocupaciones sobre las brechas de acceso a tecnologías premium que podrían generar desigualdades en las oportunidades de formación doctoral.

Estos dilemas subrayan la complejidad de integrar la IA generativa en la investigación doctoral, resaltando la necesidad de establecer pautas claras, fomentar la alfabetización digital avanzada y promover una cultura de uso responsable. La reflexión colectiva sobre autoría, transparencia, dependencia tecnológica y equidad constituye un paso fundamental para orientar la formación doctoral hacia prácticas éticas, críticas y equitativas en contextos académicos cada vez más mediados por la tecnología.

La interacción con las herramientas de IA durante el seminario permitió identificar buenas prácticas que promueven un uso ético y responsable en la elaboración de tesis doctorales, como se muestran a continuación:

**Declaración transparente:** Incluir una sección específica en la tesis que documente cómo, cuándo y para qué se utilizó la IA, especificando las herramientas empleadas y el tipo de asistencia recibida.



**Validación crítica:** Verificar siempre la información generada por IA, contrastándola con fuentes académicas primarias y aplicando el propio juicio crítico del investigador.

**Uso estratégico:** Emplear la IA para tareas específicas (revisión de estilo, generación de ideas preliminares, traducción técnica) mientras se reservan las decisiones metodológicas, interpretativas y conclusivas al criterio humano.

**Conservación de evidencias:** Mantener registros del proceso de trabajo que permitan distinguir entre el aporte de la IA y la contribución original del doctorando.

La adopción de estas prácticas establece un marco de referencia para el uso formativo de la IA, garantizando transparencia, rigor y control crítico en el proceso investigativo. La aplicación de estas recomendaciones permite a los doctorandos aprovechar los beneficios de la IA como apoyo estratégico sin comprometer la originalidad de su trabajo ni los estándares éticos de la investigación académica.

## **Propuestas para la integración curricular**

La experiencia del seminario evidenció la necesidad de integrar de manera estructurada la formación sobre IA generativa en los programas de doctorado. A partir de esta experiencia, se identifican propuestas para el diseño curricular que contemplen tanto el dominio técnico de las herramientas como la reflexión ética, la comprensión de los marcos normativos y la gestión de dilemas académicos, promoviendo un aprendizaje formativo, riguroso y responsable.

**Desarrollo de microcredenciales específicas:** a partir de la experiencia relatada, se propone el desarrollo de microcredenciales o talleres específicos dentro de los programas de doctorado, centrados en el uso ético de herramientas de IA generativa. Estas actividades formativas deben abordar no solo el manejo técnico de las herramientas, sino

también los fundamentos éticos, los límites legales y la gestión de dilemas académicos (García-Peñalvo, 2024).

El diseño curricular debería incluir módulos sobre alfabetización técnica en IA, formación ética aplicada, análisis de marcos normativos y práctica supervisada con casos reales de investigación doctoral.

**Creación de rúbricas de evaluación:** Se propone la creación de rúbricas de evaluación para trabajos académicos que incluyan criterios explícitos sobre el uso transparente de IA. Estas rúbricas permitirían valorar no solo la calidad del contenido, sino también la capacidad del estudiante para justificar y contextualizar su uso (Mollick & Mollick, 2023).

Los criterios de evaluación deberían incluir: transparencia en la declaración de uso, justificación de la pertinencia de su aplicación, evidencia de validación crítica del contenido generado, y demostración de aporte original del estudiante.

**Espacios de coevaluación entre pares:** Sería pertinente fomentar procesos de coevaluación entre pares donde los doctorandos puedan intercambiar sus experiencias con IA, discutir buenas prácticas y fortalecer una cultura académica basada en la responsabilidad compartida (Williamson & Piattoeva, 2018).

Estos espacios podrían organizarse como seminarios periódicos, grupos de trabajo temáticos, o plataformas digitales de intercambio de experiencias que permitan la construcción colectiva de criterios éticos.

**Revisión de directrices institucionales:** Se recomienda que las universidades desarrollen documentos de política interna y protocolos de uso de IA en investigación, involucrando tanto a las comisiones de ética como a los responsables de los programas de doctorado. Estas directrices deberían incluir protocolos de declaración de uso de IA,

orientaciones sobre buenas prácticas, y procedimientos para la resolución de conflictos éticos.

Estas propuestas buscan consolidar un enfoque curricular que combine conocimientos técnicos, criterios éticos y prácticas supervisadas, fomentando la transparencia, autonomía investigativa y cultura de responsabilidad académica. La implementación de microcredenciales, rúbricas de evaluación, espacios de coevaluación y directrices institucionales permitirá a los programas de doctorado preparar investigadores capaces de integrar la IA de manera estratégica y ética, sin comprometer la originalidad ni la integridad de sus trabajos.

### **Hacia una cultura investigativa responsable**

El desarrollo de una cultura investigativa responsable requiere situar la inteligencia artificial generativa como un componente integral del proceso formativo doctoral, reconociendo su potencial para apoyar la investigación sin reemplazar el juicio crítico del estudiante. Este enfoque implica repensar las nociones tradicionales de autoría, originalidad y rigor académico, e incorporar la reflexión ética y pedagógica como elementos esenciales en la formación de investigadores.

#### **Integración epistemológica de la IA en la investigación**

La integración de la IA en la cultura académica requiere no solo regulaciones claras, sino también una transformación pedagógica que sitúe al investigador en formación como sujeto activo, autónomo y comprometido con la producción rigurosa del conocimiento. Esta transformación implica repensar las concepciones tradicionales sobre autoría, originalidad y proceso investigador.

La experiencia formativa descrita demuestra que es posible abordar críticamente el uso de la IA en contextos académicos, favoreciendo un enfoque ético, transparente y

reflexivo. Sin embargo, este proceso requiere un acompañamiento pedagógico específico que vaya más allá de la mera regulación normativa.

### **Competencias para la era de la IA generativa**

Formar investigadores capaces de integrar estas herramientas sin sustituir su juicio crítico implica un cambio de paradigma en la formación doctoral, basado en la alfabetización digital avanzada y en la ética aplicada (Selwyn, 2019). Las competencias necesarias incluyen:

- **Competencia técnica:** Conocimiento sobre el funcionamiento, capacidades y limitaciones de diferentes herramientas de IA generativa.
- **Competencia ética:** Capacidad para tomar decisiones éticas informadas sobre el uso apropiado de estas tecnologías en contextos académicos.
- **Competencia crítica:** Habilidad para evaluar críticamente los contenidos generados por IA e integrarlos de forma reflexiva en el proceso investigador.
- **Competencia comunicativa:** Capacidad para documentar y comunicar transparentemente el uso de IA en los trabajos académicos.

La construcción de competencias técnicas, éticas, críticas y comunicativas permite a los doctorandos utilizar la IA de manera consciente y responsable, fortaleciendo la autonomía investigativa e integridad académica. Al integrar estos conocimientos en la práctica formativa, se sientan las bases para consolidar una cultura académica que combine innovación tecnológica, pensamiento crítico y compromiso ético en la producción de conocimiento.

La incorporación de la IA generativa en la formación doctoral demanda un enfoque pedagógico que fomente la reflexión continua sobre su uso. La capacidad de los investigadores para integrar estas tecnologías sin renunciar al rigor metodológico ni a la responsabilidad ética será determinante para la calidad de la producción científica en los

próximos años. El desarrollo de competencias éticas, críticas y comunicativas se convierte en un requisito imprescindible para navegar con solvencia en un ecosistema académico donde la colaboración entre inteligencia humana y artificial redefine los procesos de creación, validación y difusión del conocimiento.

## CONCLUSIONES

La irrupción de la inteligencia artificial generativa marca un punto de inflexión en la formación investigativa doctoral, ofreciendo oportunidades para enriquecer los procesos de aprendizaje y planteando importantes retos éticos y pedagógicos. La experiencia del seminario del Programa de Doctorado en Educación de la Universitat de València evidenció que estas herramientas pueden emplearse de manera responsable y provechosa cuando se acompañan de supervisión adecuada, alfabetización digital avanzada y marcos normativos institucionales claros.

La integración de la IA en la formación doctoral requiere considerar no solo sus funcionalidades técnicas, sino también sus implicaciones epistemológicas y éticas. La autoría, la transparencia y el juicio crítico deben permanecer como pilares fundamentales de la investigación científica, garantizando que la IA actúe como apoyo estratégico sin sustituir el pensamiento propio del investigador.

Se recomienda continuar promoviendo espacios formativos interdisciplinarios que aborden la IA desde perspectivas pedagógicas, éticas y prácticas, y desarrollar líneas de investigación que permitan evaluar su impacto a largo plazo en la formación de investigadores. El principal desafío consiste en integrar estas tecnologías de manera crítica y responsable, preservando los valores esenciales de la actividad científica mientras se aprovechan las oportunidades que ofrecen las herramientas emergentes.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca en el seminario desarrollado en el Programa de Doctorado en Educación de la Universidad de Valencia durante el curso 2024-2025. Agradezco a los doctorandos participantes por su implicación activa y sus valiosas aportaciones. Mi reconocimiento también al Departamento de Didáctica y Organización Escolar por su respaldo institucional y a los desarrolladores de las herramientas analizadas, cuyo uso académico fue objeto de análisis y debate crítico en esta experiencia formativa.

## BIBLIOGRAFÍA

- Boden, M.A. (2016). *AI: Its nature and future*. Oxford University Press.
- Cruz, F., García, I., Martínez, J.A., Ruiz, A., Ruiz, P. M., Sánchez, A., y Turró, C. (2024). *La inteligencia artificial generativa en la docencia universitaria: Oportunidades, desafíos y recomendaciones*. CRUE Universidades Españolas.  
[https://www.crue.org/wp-content/uploads/2024/03/Crue-Digitalizacion\\_IA-Generativa.pdf](https://www.crue.org/wp-content/uploads/2024/03/Crue-Digitalizacion_IA-Generativa.pdf)
- Floridi, L., & Chiriatti, M. (2020). GPT-3: Its nature, scope, limits, and consequences. *Minds and Machines*, 30, 681–694.  
<https://doi.org/10.1007/s11023-020-09548-1>
- García-Peñalvo, F.J. (2024). La Inteligencia Artificial Generativa y educación: un análisis desde múltiples perspectivas. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 25, 1-10. <https://doi.org/10.14201/eks.31942>
- Gobierno de España. (2020). *Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial (ENIA)*. Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital.  
<https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2020/ENIAResumen2B.pdf>

Kitchin, R. (2014). *The data revolution: Big data, open data, data infrastructures and their consequences*. SAGE Publications.

<https://methods.sagepub.com/book/mono/preview/the-data-revolution.pdf>

Ley Orgánica 2/2023, de 22 de marzo, del Sistema Universitario. (23 de marzo de 2023). Boletín Oficial del Estado, 70, 1-74.

<https://www.boe.es/buscar/pdf/2023/BOE-A-2023-7500-consolidado.pdf>

Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M. & Forcier, L.B. (2016). *Intelligence Unleashed: An argument for AI in Education*. Pearson.

<https://oro.open.ac.uk/50104/1/Luckin%20et%20al.%20-%202016%20-%20Intelligence%20Unleashed.%20An%20argument%20for%20AI%20in%20Educ.pdf>

Mhlanga, D. (2023). OpenAI in education, the responsible and ethical use of ChatGPT towards lifelong learning. *University of Johannesburg, College of Business and Economics*, 1-19. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4354422>

Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. (2023). Recomendaciones éticas para la investigación en inteligencia artificial. Comité Español de Ética de la Investigación. [https://www.ciencia.gob.es/dam/jcr:cedef913-3842-4f90-9ffc-032d256125f0/CEEI\\_InformeRecomendacionesIA2023.pdf](https://www.ciencia.gob.es/dam/jcr:cedef913-3842-4f90-9ffc-032d256125f0/CEEI_InformeRecomendacionesIA2023.pdf)

Mollick E.R., & Mollick, L. (2023). Using AI to implement effective teaching strategies in classrooms: five strategies, including prompts. *The Wharton School Research Paper*. [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=4391243](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4391243)

Orozco, H. y Lamberto, J. (2022). La ética en la investigación científica: consideraciones desde el área educativa. *Perspectivas: Revista de Historia, Geografía, Arte y Cultura*, (19), 11-21.

[https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26118w/La%20Etica%20en%20la%20investigaci %B3n%20cientifica.pdf](https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26118w/La%20Etica%20en%20la%20investigaci%20B3n%20cientifica.pdf)

Parlamento Europeo. (2024). Reglamento Europeo sobre la Inteligencia Artificial (AI Act). <https://www.boe.es/doue/2024/1689/L00001-00144.pdf>

Popenici, S.A.D., & Kerr, S. (2017). Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12(22), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s41039-017-0062-8>

Selwyn, N. (2019). *Should robots replace teachers? AI and the future of education*. (1st ed.). Polity Press. <https://research.monash.edu/en/publications/should-robots-replace-teachers-ai-and-the-future-of-education/>

Universitat de València. (2019). *Código de Buen Gobierno y Buenas Prácticas de Gestión*. <https://www.uv.es/fgweb/fundacio-general/transparencia-bon-govern/codi-bon-govern/CODIGO%20BUEN%20GOBIERNO%202020.pdf>

Universitat de València. (2024). Pautas para un uso adecuado y ético de la IA en la docencia universitaria. [https://www.uv.es/mkdocs/doc\\_mk/Pautas\\_para\\_un\\_uso\\_adecuado\\_y\\_etico\\_de\\_la\\_IA\\_en\\_la\\_docencia\\_universitaria.pdf](https://www.uv.es/mkdocs/doc_mk/Pautas_para_un_uso_adecuado_y_etico_de_la_IA_en_la_docencia_universitaria.pdf)

Williamson, B., & Piattoeva, N. (2018). Objectivity as standardization in data scientific education policy, technology and governance, *Learning, Media and Technology*, 1-13. <https://doi.org/10.1080/17439884.2018.1556215>