

# AGRADECIMIENTOS

## COMITÉ EDITORIAL

**Ing. Francisco Vargas Navarro**  
**Ing. Modesto Jara Porras**  
**Federico Jiménez Molina**  
**Josué Estrada Solano**

## AUTORES Y CO-AUTORES

**Carlos Alberto Xatruch López, Autor**  
*Líder de técnico de desarrollo de software*

**Carlomagno González Villalobos**  
*Dirección de Gestión de Tecnologías de Información de la UTN*

**Dr. Juan Carlos Sandí-Delgado**  
*Informático, Profesor Catedrático, UCR*

**Mag. Michael Randall Barquero-Salazar**  
*Informático, Académico Campus Sarapiquí, UNA*

**Licda. Karol Sofía Masís-Fernández**  
*Abogada, notaria pública y consultora empresarial*

**Licda. Mariangel Siles-Barboza**  
*Recursos Humanos, Campus Sarapiquí, UNA*

**Lic. Kendall Norberto Vargas-Duarte**  
*Recursos Humanos, Campus Sarapiquí, UNA*

**Lic. Álvaro Alexis Zamora-Roda**  
*Recursos Humanos, Campus Sarapiquí, UNA*

**J. McIntosh**  
*Profesor Universidad de Costa Rica Sede Occidente*

**M. Mejías**  
*Profesor Universidad de Costa Rica Sede Occidente*

**T. de-Camino-Beck**  
*Universidad CENFOTEC, Costa Rica*

**Ing. Kevin Fernandez**  
*QA mid & Black belt six sigma*

## REVISIÓN FILOLÓGICA

**Margarita Chaves Bonilla**  
*Filólogos de Costa Rica*

## MAQUETACIÓN

**Franciny González Coto**  
**Josué Estrada Solano**  
**Juan Pablo Arias Morales**

## DIVULGACIÓN

**Departamento de Comunicación y Relaciones Públicas**  
*Colegio de Profesionales en Informática y Computación (CPIC)*

## PRODUCIDO POR

**Colegio de Profesionales en Informática y Computación (CPIC)**  
*2025*

# TABLA DE CONTENIDO

Agradecimientos .....	2
Editorial .....	4
Desafíos y oportunidades de la inteligencia artificial en la Ingeniería de Software.....	5
Implementación de la arquitectura de microservicios en la Universidad Técnica Nacional de Costa Rica (UTN) .....	10
Modelo de Competencias Tecnológicas para las Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados del Caribe Norte de Costa Rica.....	14
Oportunidades en la salud pública. ¿Cómo potenciar la aplicación móvil EDUS en Zona de Occidente?.....	27
Programación asistida por inteligencia artificial generativa .....	35
Transformación digital de las licitaciones del estado con inteligencia artificial .....	44

# EDITORIAL

Estimados lectores,

En esta nueva edición de Technology Inside, exploramos avances tecnológicos que están transformando la industria y la sociedad. La inteligencia artificial continúa revolucionando el desarrollo de software, facilitando la generación automática de código y optimizando procesos, pero también generando desafíos en cuanto a ética, privacidad y regulación.

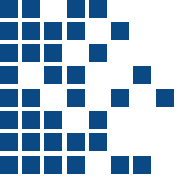
En el ámbito de la gestión pública, analizamos cómo la digitalización está optimizando las licitaciones estatales, agilizando trámites y reduciendo costos mediante la automatización inteligente. También abordamos la evolución de los servicios de salud digital, con iniciativas que buscan mejorar la accesibilidad y eficiencia en la atención médica a través de aplicaciones móviles y sistemas interconectados.

Por otra parte, exploramos la transición de arquitecturas monolíticas a microservicios en el desarrollo de software, lo que permite mayor flexibilidad, escalabilidad y resiliencia en sistemas críticos. Finalmente, discutimos la importancia de fortalecer competencias tecnológicas en sectores esenciales, garantizando que las organizaciones y comunidades puedan adaptarse a los cambios del entorno digital.

Agradecemos a nuestros colaboradores por sus valiosas contribuciones y a ustedes, nuestros lectores, por su continuo interés en la innovación. Que esta edición los inspire a seguir explorando el impacto de la tecnología en nuestra sociedad.

Atentamente,

**Comité Editorial de Technology Inside**  
*CPIC*



# DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA INGENIERÍA DE SOFTWARE

**Carlos Alberto Xatruch López, Autor**

*Líder de técnico de desarrollo de software, Alajuela, Costa Rica  
cxatruch29@hotmail.com*

## RESUMEN

El software ha adquirido una presencia omnipresente en nuestras vidas, desde los dispositivos móviles hasta la infraestructura crítica, lo que ha incrementado la importancia de la ética y las responsabilidades de los ingenieros de software. En este artículo, se examinan los dilemas éticos asociados con el desarrollo de software; para ello, se exploran las perspectivas de diversos autores sobre la integridad, la competencia profesional y el impacto social del software, especialmente en el contexto de la inteligencia artificial. A través de un análisis detallado, se argumenta que la Ingeniería de Software debe evolucionar de manera responsable, considerando tanto los beneficios como los riesgos de las tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial.

*Palabras claves: Inteligencia artificial (IA), ética, Ingeniería de Software, desafíos*

## INTRODUCCIÓN

A través de la revisión de textos clave de autores como Parnas [1], Booch [2], Meyer [3] y Schieferdecker [4], el presente ensayo aborda temas como la responsabilidad profesional, la calidad del software y los riesgos éticos asociados con el Big Data y la inteligencia artificial (IA). Se examinan tanto los beneficios de estas tecnologías como los dilemas éticos que pueden surgir, tales como la deshumanización y los problemas de privacidad.

El enfoque principal de este ensayo es un análisis cualitativo de los textos académicos que abordan estos problemas, con el fin de ofrecer una visión crítica sobre los desafíos actuales en la Ingeniería de Software. Además, se discuten las implicaciones de la automatización y la IA en el desarrollo de software, así como su impacto en la sociedad y en el empleo.

El propósito de este artículo es reflexionar sobre las responsabilidades de los ingenieros de software en el contexto de estas nuevas tecnologías. Se busca proporcionar pautas que permitan a los profesionales tomar decisiones éticas y responsables, lo cual garantiza que el software que desarrollen beneficie a la sociedad sin comprometer principios fundamentales.

## I. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

### A. Código Ético y Práctica Profesional de Ingeniería del Software (ACM/IEEE) [3]

Este código establece principios fundamentales como la integridad, la competencia, la equidad, el bienestar del público y la profesión en sí. Se considerará cómo estos principios se aplican a los dilemas planteados en otros artículos.

### B. Responsabilidades Profesionales

Parnas [4] enfatiza la responsabilidad de los ingenieros de garantizar la seguridad y confiabilidad del software, especialmente en sistemas críticos como los de defensa estratégica [1].

## II. ASPECTOS HUMANOS Y ÉTICOS EN LA ERA DEL BIG DATA

### A. The Human and Ethical Aspects of Big Data [2]:

Este artículo alerta sobre los posibles sesgos y la falta de transparencia en los algoritmos de Big Data. Los ingenieros de software deben ser conscientes de estas implicaciones y diseñar sistemas que sean justos y equitativos.

### III. CALIDAD Y CONFIABILIDAD DEL SOFTWARE

#### A. Rational Ethics [4] y The one sure way to advance software engineering [7]:

Meyer propone un enfoque basado en la razón y la evidencia para la Ingeniería de Software. Esto implica escribir código correcto, confiable y mantenible. Además, se señala que un software defectuoso [6] puede tener consecuencias éticas.

### IV. IMPACTO SOCIAL Y RESPONSABILIDAD

#### A. Responsible Software Engineering [5]:

Este texto aboga por una Ingeniería de Software que considere las consecuencias sociales del software. Los ingenieros deben pensar en cómo sus creaciones pueden afectar a las personas y la sociedad en general.

#### B. The Exterminators [8]:

Este relato corto plantea un escenario inquietante donde el software se usa para la opresión. Obliga a reflexionar sobre el papel que desempeñan los ingenieros en la creación de sistemas que pueden usarse para el bien o el mal.

### V. INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y EL FUTURO DE LA INGENIERÍA DEL SOFTWARE

#### A. Whether Software Engineering needs to be artificially intelligent [9]:

Este artículo analiza si la IA puede mejorar la Ingeniería de Software. Si bien la IA puede ser útil, el autor advierte que la responsabilidad final por las decisiones éticas sigue recayendo en los ingenieros humanos.

### VI. ANÁLISIS Y RELACIÓN DE IA EN LA INGENIERÍA DEL SOFTWARE

La IA está revolucionando el mundo actual, incluyendo el ámbito de la Ingeniería del Software. Si bien la IA ofrece un enorme potencial para mejorar la eficiencia, la productividad y la innovación en el desarrollo de software, también presenta riesgos y dilemas que deben ser cuidadosamente considerados.

### A. Riesgos y dilemas de la Ingeniería del Software basada en IA

Revisando los puntos anteriores, junto con lo que se ha logrado experimentar hasta el día de hoy en la sociedad, en nuestro diario vivir con la IA, se pueden profundizar en algunos de los principales riesgos y dilemas asociados con la Ingeniería del Software basada en IA, como, por ejemplo:

- **Deshumanización:** La dependencia excesiva en la IA podría llevar a una deshumanización de la sociedad y erosionar el pensamiento crítico, la toma de decisiones autónoma y la empatía humana.
- **Impacto en el empleo:** La automatización impulsada por IA podría provocar la pérdida de empleos a gran escala, particularmente en sectores con tareas repetitivas. Sin embargo, también existe la posibilidad de crear nuevos empleos aún no imaginados.
- **Problemas de seguridad:** La piratería o el uso malicioso de sistemas de IA podría tener graves consecuencias. Las armas autónomas impulsadas por IA podrían volverse incontrolables y causar daños humanos.
- **Falta de regulación:** La ausencia de marcos regulatorios claros para la IA podría permitir su desarrollo y uso sin las debidas salvaguardas, lo que aumenta los riesgos potenciales.
- **Cuestiones éticas:** Es importante establecer principios éticos sólidos para guiar el desarrollo y el uso de la IA, que aseguren un beneficio a la humanidad y no la perjudique.

### B. Más allá de los riesgos: Beneficios potenciales de la IA

La IA está revolucionando el mundo actual, incluyendo el ámbito de la Ingeniería del Software. Si bien la IA ofrece un enorme potencial para mejorar la eficiencia, la productividad y la innovación en el desarrollo de software, también presenta riesgos y dilemas que deben ser cuidadosamente considerados.

**Mejora de la eficiencia y la productividad:** La IA puede automatizar tareas repetitivas, liberar tiempo para que los desarrolladores se concentren en tareas más creativas y complejas, y optimizar procesos de desarrollo.

- **Reducción de errores y mayor calidad:** La IA puede detectar patrones y anomalías que podrían pasar desapercibidos para los humanos, lo que mejora la calidad del código y reduciendo errores.

- Personalización y adaptabilidad: La IA puede permitir crear software personalizado para las necesidades específicas de cada usuario, con lo cual se mejora la experiencia del usuario y la adaptabilidad a diferentes contextos.
- Innovación y nuevas posibilidades: La IA puede abrir nuevas posibilidades en el desarrollo de software, como la creación de interfaces inteligentes, sistemas de autocorrección y herramientas de análisis predictivo.

## C. PERSPECTIVAS FUTURAS: NAVEGANDO POR EL PANORAMA DE LA IA

Es fundamental considerar tanto los riesgos como los beneficios potenciales de la Ingeniería del Software basada en IA al avanzar en este campo. Para aprovechar al máximo los beneficios y mitigar los riesgos, se deben tomar las siguientes medidas:

- Fomentar la investigación y el desarrollo responsables: Invertir en investigación y desarrollo de IA con un enfoque en la ética, la seguridad y la transparencia.
- Establecer marcos regulatorios claros: Desarrollar marcos regulatorios que definan estándares éticos, protocolos de seguridad y mecanismos de supervisión para el desarrollo y uso de la IA.
- Promover la educación y la capacitación: Brindar educación y capacitación en IA a desarrolladores de software, profesionales de Tecnología de la Información (TI) y el público en general para fomentar una comprensión profunda de la tecnología y sus implicaciones.
- Fomentar la colaboración y el diálogo: Fomentar la colaboración entre científicos, desarrolladores, legisladores, filósofos y el público en general para debatir sobre los desafíos éticos y sociales de la IA y encontrar soluciones consensuadas.

## VII. RECOMENDACIONES PARA INGENIEROS DE SOFTWARE EN LA NUEVA ERA DE LA IA

A partir del análisis de los dos textos presentados, se pueden formular las siguientes recomendaciones para los ingenieros de software en la era de la IA:

### A. Cultivar una comprensión profunda de la IA:

- Estudiar los fundamentos de la IA: Es importante que los ingenieros de software comprendan los conceptos básicos de la IA, incluyendo el aprendizaje automático, el aprendizaje profundo y el procesamiento del lenguaje natural. Esto les permitirá evaluar adecuadamente las capacidades y limitaciones de la IA en el contexto del desarrollo de software.
- Mantenerse actualizados con los avances en IA: La IA es un campo en constante evolución, por lo que es importante que los ingenieros de software se mantengan actualizados con las últimas investigaciones, herramientas y aplicaciones. Esto les permitirá aprovechar las nuevas oportunidades que presenta la IA y mitigar los riesgos emergentes.
- Explorar las aplicaciones de la IA en el desarrollo de software: Existen numerosas aplicaciones potenciales de la IA en el desarrollo de software, como la automatización de pruebas, la generación de código y la detección de errores. Los ingenieros de software deben explorar estas aplicaciones y evaluar cómo pueden utilizarlas para mejorar su trabajo.

### B. Fomentar la ética y la responsabilidad en el desarrollo de software basado en IA:

- Considerar las implicaciones éticas de la IA: Los ingenieros de software deben ser conscientes de las implicaciones éticas del uso de la IA en el desarrollo de software, como el sesgo algorítmico, la privacidad de datos y la potencial deshumanización. Se deben tomar medidas para mitigar estos riesgos y desarrollar software que sea justo, transparente y beneficioso para la sociedad.
- Adoptar principios éticos para el desarrollo de software: Existen varios marcos éticos para el desarrollo de software, como el Código Ético y Práctica Profesional de Ingeniería del Software de ACM/IEEE [3]. Los ingenieros de software deben familiarizarse con estos marcos y aplicarlos en su trabajo diario.
- Colaborar con expertos en ética y filosofía: La complejidad de los problemas éticos relacionados con la IA exige la colaboración entre ingenieros de software, expertos en ética, filósofos y otros interesados. Esta colaboración puede ayudar a desarrollar soluciones reflexivas y consensuadas a los desafíos éticos que plantea la IA.

### C. Abogar por regulaciones y estándares claros para la IA:

- Participar en debates sobre políticas públicas: Los ingenieros de software pueden utilizar su conocimiento y experiencia para informar a los legisladores y reguladores sobre los desafíos y oportunidades de la IA. Pueden participar en debates sobre políticas públicas que aborden el desarrollo y uso responsable de la IA.
- Apoyar el desarrollo de estándares de la industria: Los ingenieros de software pueden trabajar con organizaciones de la industria para desarrollar estándares para el desarrollo y uso de la IA en el software. Estos estándares pueden ayudar a garantizar la calidad, la seguridad y la ética del software basado en IA.
- Promover la transparencia y la rendición de cuentas: Los ingenieros de software pueden abogar por prácticas de desarrollo de software que promuevan la transparencia y la rendición de cuentas. Esto puede ayudar a generar confianza pública en la IA y garantizar que se utilice de manera responsable.

### D. Adaptarse y prosperar en un mundo impulsado por la IA:

- Desarrollar una mentalidad de aprendizaje continuo: La IA es un campo en rápida evolución, por lo que es importante que los ingenieros de software adopten una mentalidad de aprendizaje continuo. Deben estar dispuestos a aprender nuevas habilidades y mantenerse actualizados con los últimos avances.
- Ser adaptable y flexible: La IA tendrá un impacto significativo en el mercado laboral y en la naturaleza del trabajo de los ingenieros de software. Es importante que sean adaptables y flexibles para poder adaptarse a los cambios y aprovechar las nuevas oportunidades.
- Fomentar la creatividad y la innovación: La IA tiene el potencial de liberar tiempo para que los ingenieros de software se concentren en tareas más creativas e innovadoras. Deben aprovechar esta oportunidad para desarrollar nuevas soluciones de software que beneficien a la sociedad.

## VIII. CONCLUSIÓN

A lo largo del ensayo, se ha abordado la creciente relevancia de la ética en la Ingeniería de Software, especialmente en el contexto de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial. A lo largo del desarrollo, se ha argumentado que los ingenieros de software deben asumir una responsabilidad ética y profesional,

considerando tanto los beneficios como los riesgos sociales de sus creaciones. La tesis planteada inicialmente sobre la necesidad de que los ingenieros prioricen la ética en su práctica se ha reafirmado, al analizar en detalle los dilemas éticos y las implicaciones que surgen con el uso de IA y otras tecnologías avanzadas.

Al revisar los temas tratados en la introducción, se puede concluir que se ha logrado lo planteado: se han explorado los principios éticos fundamentales, se ha discutido el impacto social del software, y se han propuesto recomendaciones para guiar a los ingenieros hacia un desarrollo más responsable. Así, la tesis inicial de que la ética es fundamental para el desarrollo del software se sostiene y refuerza, destacando que los ingenieros deben ser conscientes de su papel en la creación de sistemas que afecten profundamente a la sociedad.

## REFERENCIAS

[1] D. L. Parnas, "Aspectos de software de los sistemas de defensa estratégica", *IEEE Transactions on Software Engineering*, 1 de diciembre de 1985. [En línea]. Disponible en: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/214956.214961>. [Accedido: 28 de febrero de 2025].

[2] G. Booch, "Los aspectos humanos y éticos de los grandes datos", *IEEE Xplore*, 14 de febrero de 2014. [En línea]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6750430>. [Accedido: 28 de febrero de 2025].

[3] ACM & IEEE, Código de ética y práctica profesional de ingeniería de software (Versión 52), 1 de noviembre de 1997. [En línea]. Disponible en: <https://ethics.acm.org/code-of-ethics/software-engineering-code/>. [Accedido: 28 de febrero de 2025].

[4] B. Meyer, *Ética racional*, mayo de 2017. [En línea]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/318136069\\_Rational\\_Ethics](https://www.researchgate.net/publication/318136069_Rational_Ethics). [Accedido: 28 de febrero de 2025].

[5] C. Schieferdecker, *Ingeniería de software responsable*, 2016. [En línea]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/337400998\\_Responsible\\_Software\\_Engineering](https://www.researchgate.net/publication/337400998_Responsible_Software_Engineering). [Accedido: 28 de febrero de 2025].

[6] B. Meyer, “La única manera segura de avanzar en la ingeniería de software y [software defectuoso] de nuevo”, CACM ACM, 11 de diciembre de 2011. [En línea]. Disponible en: <https://cacm.acm.org/blogcacm/again-the-one-sure-way-to-advance-software-engineering/>. [Accedido: 28 de febrero de 2025].

[7] L. Ross, The Exterminators, 2017. [En línea]. Disponible en: [https://drive.google.com/drive/folders/1Tf3ez\\_pi7MGJbGIZSFOu\\_HfokFOY7x05](https://drive.google.com/drive/folders/1Tf3ez_pi7MGJbGIZSFOu_HfokFOY7x05). [Accedido: 28 de febrero de 2025].

[8] H. A. Simon, “¿Necesita la ingeniería de software ser inteligentemente artificial?”, IEEE Xplore, 1996. [En línea]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6312974>. [Accedido: 28 de febrero de 2025].

[9] D. L. Parnas, “Aspectos de software de los sistemas de defensa estratégica”, IEEE Transactions on Software Engineering, 1 de diciembre de 1985. [En línea]. Disponible en: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/214956.214961>. [Accedido: 28 de febrero de 2025].

[10] DW Documentary, Cómo la inteligencia artificial está cambiando nuestra sociedad, YouTube, 14 de diciembre de 2021. [En línea]. Disponible en: [https://www.youtube.com/watch?v=-ePZ7OdY-Dw&ab\\_channel=DWDocumentary](https://www.youtube.com/watch?v=-ePZ7OdY-Dw&ab_channel=DWDocumentary). [Accedido: 28 de febrero de 2025].

[11] Deutsche Welle, Nuevo modelo de IA puede predecir la vida y la muerte, según científicos, DW.com, 2 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.dw.com/es/inteligencia-artificial-ia/t-63771882>. [Accedido: 28 de febrero de 2025].

[12] Deutsche Welle, Inteligencia artificial: Discriminación garantizada, DW.com, 19 de enero de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.dw.com/es/inteligencia-artificial-ia/t-63771882>. [Accedido: 28 de febrero de 2025].

[13] Deutsche Welle, Cómo puede la inteligencia artificial proteger al medio ambiente, DW.com, 12 de julio de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.dw.com/es/inteligencia-artificial-ia/t-63771882>. [Accedido: 28 de febrero de 2025].

[14] M. Mitchell, Inteligencia artificial: Guía para seres pensantes, Colección Booket Ciencia, 2020.



**Trámites En Línea:**

- WhatsApp +506 6436 1384
- Email Servicios@cpic.or.cr
- Contacto +506 2225 6701

**Síguenos en redes sociales:**

CPICCR



# IMPLEMENTACIÓN DE LA ARQUITECTURA DE MICROSERVICIOS EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL DE COSTA RICA (UTN)

**Carlomagno González Villalobos**

*Licenciado en Informática, Dirección de Gestión de Tecnologías de Información de la Universidad Técnica Nacional, Costa Rica.*

*Correo: cgonzalezv@utn.ac.cr.*

## RESUMEN

En el presente artículo, se describe el proceso de transformación de la arquitectura de desarrollo de software de la Universidad Técnica Nacional, y pasar del enfoque monolítico al de microservicios, aprovechando herramientas tecnológicas robustas y vanguardistas de código abierto como Docker, Kubernetes, Gitlab, entre otras, disponibles para el uso de las instituciones y empresas que lo necesiten.

## ABSTRACT

In this article, the process of transforming the software development architecture of UTN is described, transitioning from a monolithic approach to microservices, leveraging robust and cutting-edge open-source technological tools such as Docker, Kubernetes, GitLab, among others, available for use by institutions and companies as needed.

## I. INTRODUCCIÓN

La Universidad Técnica Nacional (UTN) es la quinta universidad pública de Costa Rica, creada en 2008 para atender las exigencias de formación técnica superior en el país. Su necesidad natural de soluciones tecnológicas trajo consigo el desarrollo interno de sistemas informáticos que automatizaron paulatinamente los procesos institucionales, entre ellos la gestión de la oferta académica, la gestión presupuestaria, entre otros. Para ello, se utilizó Drupal, un gestor de contenido web de código abierto que permite la creación de software mediante un lenguaje basado en PHP, y con MariaDB como motor de base de datos.

Drupal posee una arquitectura monolítica inherente que fuerza la interdependencia entre los sistemas que se van anexando (módulos), por lo que cualquier problema en uno de ellos detiene el funcionamiento de todos. Sumado a esta desventaja, se depende de la comunidad de Drupal para garantizar su seguridad, y persiste la incertidumbre por posibles incompatibilidades entre las actualizaciones de su núcleo y el software creado con versiones anteriores.

Alrededor del año 2017, la Dirección de Gestión de Tecnologías de Información (DGTI) tenía más de 10 proyectos desplegados en un único sitio Drupal en ambiente de producción, además del sistema de becas en un sitio aparte. Esto representaba un riesgo elevado de sufrir tiempos de inactividad generalizados en los servicios digitales que se brindan a usuarios internos de la UTN, así como a decenas de miles de estudiantes y personas aspirantes en procesos sustantivos de la institución, como solicitudes de beca o admisión. Con este panorama, la búsqueda de una arquitectura de software que permitiera gestionar de forma ágil y resiliente el despliegue de los numerosos desarrollos se volvió de suma importancia y la transformación tecnológica se volvió un eje transversal de esta necesidad.

## II. OBJETIVOS

- Estandarizar el flujo de trabajo del desarrollo de aplicaciones institucionales para eliminar incompatibilidades entre los servicios digitalizados.
- Implementar una arquitectura flexible para el despliegue continuo de mejoras en ambientes de pruebas y producción, para usuarios expertos y finales, integrando automáticamente las nuevas soluciones informáticas a las existentes.

- Eliminar la dependencia de funcionamiento entre los sistemas de información mediante la segmentación de los procesos institucionales, donde cada parte será convertida en un microservicio que integrará aplicaciones finales modularizadas.
- Gestionar el ciclo de vida e interacciones del software institucional de forma ágil y efectiva mediante herramientas tecnológicas que tengan amplio historial de éxito y que sean respaldadas por la comunidad informática.
- Implementar técnicas de escalamiento horizontal automático para la correcta distribución de cargas de trabajo variables, minimizando tiempos de interrupción de los servicios digitales de la universidad provocados por una gestión ineficiente de los recursos en servidores.
- Modernizar las técnicas de creación de software para aprovechar las ventajas de las nuevas tecnologías, emulando casos de éxito en instituciones y empresas donde la experiencia de usuarios y administradores de servicios digitales haya mejorado sustancialmente.

### III. SOLUCIONES TECNOLÓGICAS IMPLEMENTADAS

#### A. Docker

Los problemas de integración y compatibilidad entre sistemas creados en hardware distinto generaban retrasos y malestar en el equipo de desarrollo de la UTN. Con Docker, se abstraen los entornos de programación, lo cual permite la utilización de cualquier sistema operativo y evitando la instalación de dependencias, ya que estas forman parte de las imágenes utilizadas para trabajar. Su implementación requirió la creación de dos archivos Dockerfile (Imagen 1) en el repositorio de cada microservicio: uno para programación en la máquina local (Dockerfile.dev) con Docker Compose, y otro para el despliegue en Kubernetes (Dockerfile.prod). La mayoría de los microservicios en la UTN utilizan Node.js como lenguaje de programación, por lo que los Dockerfile de estos proyectos son idénticos, teniendo como imagen base la etiquetada como node:current-alpine en el registro de contenedores público de Docker.

Algunas aplicaciones necesitan una base de datos propia, para lo cual se crea un proyecto en GitLab y se despliega como microservicio en los ambientes de prueba que se requieran.

Se suele utilizar MariaDB como motor de base de datos, por lo que se eligió como imagen base mariadb-galera para crear nodos multi-maestro, aprovechando la distribución de cargas en Kubernetes mediante el objeto Service.

Para el ambiente de producción, se mantienen las bases de datos en servidores dedicados para este fin.



Fig 1. Archivo Dockerfile.prod en proyecto de Gitlab.

#### B. Gitlab

GitLab cuenta con control de versiones de código fuente y las herramientas necesarias para la integración y entrega continuas (CI/CD) de aplicaciones, lo que significa que, al registrarse cambios en los repositorios (“commit”), se pueden ejecutar tareas que automaticen la instalación del producto en un servidor con acceso para los usuarios respectivos, según el ambiente en el que se esté trabajando (calidad, pruebas, producción, etc.). Para su uso, se requiere la creación de un archivo .gitlab-ci.yml, en el que se agreguen los comandos a ejecutar en cada “commit” (Imagen 2).

Se implementaron las secuencias (“pipelines”) de tareas (“jobs”) necesarias para CI/CD de la siguiente manera:

- Creación de imagen: Se ejecutan los comandos “docker build” y “docker push”, que generarán y almacenarán la imagen de Docker de la aplicación en el registro de contenedores privado previamente instalado en el mismo GitLab, utilizando el archivo Dockerfile contenido en cada repositorio.
- Revisiones de seguridad: Se ejecutan pruebas de seguridad de aplicaciones estáticas y dinámicas (SAST y DAST) sobre la imagen creada, utilizando herramientas de seguridad informática como Trivy.

- Despliegue de aplicación: Se ejecutan comandos de “kubectl” o “helm” usando manifiestos escritos por la DGTI para la creación de todos los objetos de Kubernetes (“configmaps”, “ingress”, “deployment”, “persistent volume claim”, etc.) necesarios para el despliegue de la imagen almacenada, esto en el clúster de pruebas o producción según la rama del repositorio sobre la que se han realizado los cambios.



Fig. 2. “Pipeline” desencadenado por “commit”

Cada una de estas tareas es ejecutada en secuencia mediante GitLab Runners (Imagen 3), previamente instalados y configurados para tener acceso al clúster de Kubernetes y al registro de



contenedores de GitLab.

Fig. 3. Gitlab-runners para ejecución de “pipelines” instalados en Gitlab

### C. Kubernetes

La orquestación de contenedores en la UTN comenzó en Docker Swarm; sin embargo, se cambió a Kubernetes por ser esta la plataforma más utilizada, además de que la integración con los repositorios de código se facilita por las herramientas de CI/CD integradas en GitLab.

Se desarrollaron plantillas de archivos “.yaml” (Imagen 4) que son utilizadas en las tareas de integración y entrega continuas (“pipelines”) de GitLab para crear cada uno de los objetos de Kubernetes necesarios y lograr el funcionamiento correcto de los microservicios. Entre estos se encuentran los “deployments”, los “services” de tipo “ClusterIP” (Imagen 5), que distribuyen las cargas de trabajo entre los “pods”, los recursos “ingress” que enrutan el tráfico desde el exterior hasta los servicios a través del controlador de ingreso nginx previamente instalado en el clúster, los “configmaps” que almacenan variables y configuraciones, los “secrets” para datos encriptados, entre otros.



Fig 4. Plantillas de manifiestos para creación de objetos en k8s

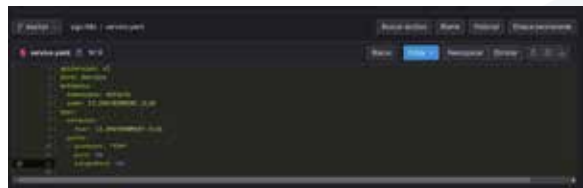


Fig 5. Plantilla para creación de recurso “Service”

También se implementó el escalado horizontal automático mediante la creación del recurso “hpa” (Imagen 6) por cada aplicación, que crea o elimina réplicas del microservicio de acuerdo con un porcentaje preestablecido de consumo de CPU y memoria, aumentando la capacidad de respuesta cuando se incrementa el tráfico o procesamiento, y liberando los recursos cuando disminuyen.



Fig 6. Recurso “hpa” para escalado automático de réplicas



Fig 7. Réplicas administradas por “hpa” al mínimo por cargas inferiores al porcentaje establecido para escalamiento horizontal automático

La ejecución de los comandos que crean los objetos en el clúster de kubernetes es realizada por gitlab-runner, previamente instalado en el clúster (Imagen 3).

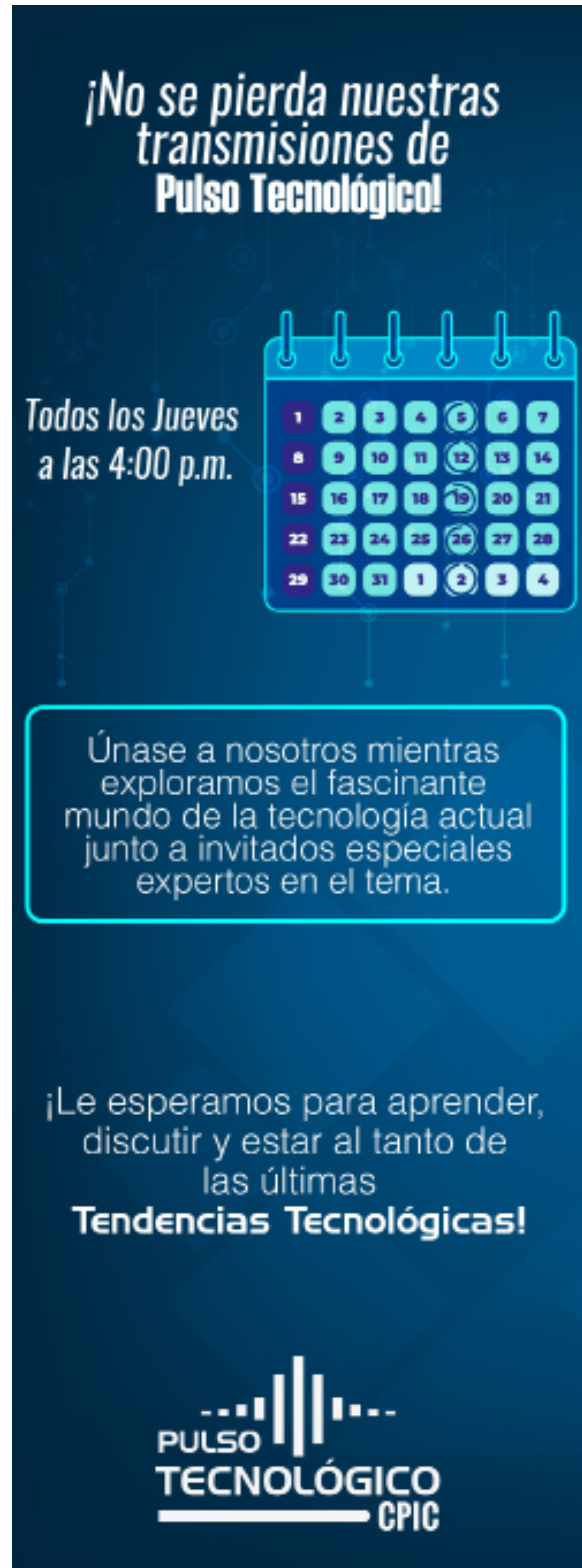
#### IV. CONCLUSIONES

La transformación de la arquitectura de software de monolítica a microservicios es, en la actualidad, la solución a muchos de los problemas en el desarrollo de sistemas de información. Este cambio requirió en la UTN un esfuerzo de varios años, en el que se implementaron, progresivamente, cada uno de los componentes indispensables en esta nueva forma ágil y colaborativa de creación de aplicaciones. Además, el dominio del entramado de tecnologías y herramientas complejas necesarias en este proceso ha elevado la experticia dentro de la DGTI, al incorporar conocimientos especializados de diversas áreas de las tecnologías de la información, desde el manejo de “iptables” con redes virtuales hasta la programación en lenguaje “bash”.

#### V. RESULTADOS ALCANZADOS

Actualmente, se cuenta con alrededor de 30 aplicaciones desplegadas en ambiente de producción utilizando la arquitectura de microservicios, incluidas aquellas relacionadas con el proceso de admisión institucional, que brindaron servicio a más de 16 000 personas en su primer uso, sin registrar interrupciones generalizadas y con tiempos de respuesta ágiles en las revisiones constantes realizadas durante el período en que la plataforma estuvo habilitada.

Asimismo, se encuentran en desarrollo más de 150 nuevos microservicios relacionados con una amplia variedad de procesos institucionales, algunos destinados a la migración de sistemas monolíticos en funcionamiento y otros orientados a la implementación de nuevas soluciones tecnológicas.



**¡No se pierda nuestras transmisiones de Pulso Tecnológico!**

Todos los Jueves a las 4:00 p.m.

1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	1	2	3	4

Únase a nosotros mientras exploramos el fascinante mundo de la tecnología actual junto a invitados especiales expertos en el tema.

¡Le esperamos para aprender, discutir y estar al tanto de las últimas **Tendencias Tecnológicas!**

**PULSO TECNOLÓGICO CPIC**



# MODELO DE COMPETENCIAS TECNOLÓGICAS PARA LAS ASOCIACIONES ADMINISTRADORAS DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS DEL CARIBE NORTE DE COSTA RICA: UN ENFOQUE BASADO EN EL DESEMPEÑO TECNOLÓGICO Y LABORAL

**Dr. Juan Carlos Sandí-Delgado**

*Informático, Profesor Catedrático, UCR. [juan.sandidelgado@ucr.ac.cr](mailto:juan.sandidelgado@ucr.ac.cr)*

**Mag. Michael Randall Barquero-Salazar**

*Informático, Académico Campus Sarapiquí, UNA. [michael.barquero.salazar@una.cr](mailto:michael.barquero.salazar@una.cr)*

**Licda. Karol Sofía Masís-Fernández**

*Abogada, notaria pública y consultora empresarial. [karolmasis@gmail.com](mailto:karolmasis@gmail.com)*

**Licda. Mariangel Siles-Barboza**

*Recursos Humanos, Campus Sarapiquí, UNA. [mariangel.siles.barboza@est.una.ac.cr](mailto:mariangel.siles.barboza@est.una.ac.cr)*

**Lic. Kendall Norberto Vargas-Duarte**

*Recursos Humanos, Campus Sarapiquí, UNA. [kendall.vargas.duarte@est.una.ac.cr](mailto:kendall.vargas.duarte@est.una.ac.cr)*

**Lic. Álvaro Alexis Zamora-Roda**

*Recursos Humanos, Campus Sarapiquí, UNA. [alvaro.zamora.roda@est.una.ac.cr](mailto:alvaro.zamora.roda@est.una.ac.cr)*

## RESUMEN

Este artículo presenta un modelo de competencias tecnológicas para el talento humano de las Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados (Asadas) del Caribe Norte de Costa Rica, específicamente en Pococí, Limón. La metodología, de enfoque cualitativo y diseño descriptivo, se desarrolló en dos etapas: una revisión sistemática de literatura y la aplicación del Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) mediante entrevistas y un cuestionario tipo Likert. Los resultados revelaron que el 50% de los encuestados no usaba herramientas como correo electrónico o redes sociales para capacitación, pero el 97% consideró que las TIC beneficiarían su desempeño laboral y contribuirían al logro de los objetivos organizacionales. Se concluye que factores como edad, género, formación académica, experiencia laboral y competencias técnicas deben considerarse en las estrategias de capacitación para garantizar la efectividad del aprendizaje, la aceptación tecnológica y el desarrollo continuo del talento humano.

*Palabras Clave: Modelo de Competencia Tecnológica, Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados (Asadas), Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM), Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), Desempeño Laboral.*

## I. INTRODUCCIÓN

Las organizaciones buscan generar ventajas competitivas mediante la identificación de habilidades individuales y organizacionales, considerando las amenazas y oportunidades del entorno. Esta construcción estratégica, no aleatoria, se apoya en modelos de monitoreo constante que permiten ofrecer servicios y productos de calidad,

destacando la comunicación efectiva con actores clave y asociados directos del servicio (Romero et al., 2020). Desde hace años, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) se han implementado como herramientas clave para gestionar información de manera innovadora, potenciando la eficiencia de los procesos empresariales (Cruz-Alvarado et al., 2017; Muñoz-Osuna et al., 2018).

El presente estudio se centra en analizar las competencias tecnológicas requeridas en el talento humano de las Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados (Asadas) del Caribe Norte de Costa Rica, específicamente en el Cantón de Pococí. Esta evaluación es crucial en un contexto donde la adopción de tecnología es una prioridad, y donde el personal debe poseer habilidades para aprovechar estas herramientas de manera efectiva en su quehacer diario (Boulahrouz et al., 2019; Cruz-Rodríguez, 2019; Sandí Delgado, 2018).

Es esencial comprender que las TIC, por sí solas, no transforman sistemas y metodologías organizacionales; su impacto depende del correcto uso e integración en los procesos existentes (Boulahrouz et al., 2019; Cruz-Rodríguez, 2019). En este sentido, el desarrollo de competencias tecnológicas en el personal se convierte en un elemento distintivo para mantener la ventaja competitiva (Delecraz et al., 2022; Govil & Sharma, 2022).

Para abordar esta temática, es fundamental definir el concepto de competencias tecnológicas, el cual se refiere al conjunto integrado de habilidades, conocimientos, actitudes y valores necesarios para el correcto uso, dominio e integración de las tecnologías digitales (Sandí-Delgado & Bazán, 2019, 2021). Estas competencias son reconocidas como claves y transversales, ya que potencian la adquisición de otras habilidades necesarias para la participación efectiva en la sociedad y la economía (Sandí-Delgado, 2023; Sarmiento Bolívar, 2021, 2022).

La implementación de competencias tecnológicas en las Asadas del Caribe Norte de Costa Rica, específicamente en el Cantón de Pococí, es de suma importancia estratégica particular. Estas organizaciones desempeñan un papel fundamental en el suministro y gestión del agua potable y los servicios de alcantarillado en comunidades rurales, donde el acceso a estos servicios es vital para la salud pública y el desarrollo comunitario. En este contexto, la mejora de la eficiencia operativa y la calidad de los servicios prestados por las Asadas es crucial para garantizar el bienestar de las poblaciones locales.

El desarrollo de competencias tecnológicas en el personal de las Asadas del Caribe Norte de Costa Rica puede marcar la diferencia en términos de optimización de procesos, gestión eficiente de recursos y adaptación a las demandas cambiantes del entorno (Pidduck et al., 2023). Además, estas competencias pueden permitir una mayor capacidad

de respuesta ante situaciones de emergencia, así como la implementación de prácticas sostenibles en la gestión de los recursos hídricos.

Por lo tanto, el estudio sobre el desarrollo de un modelo de competencias tecnológicas en las Asadas del Caribe Norte de Costa Rica no solo tiene implicaciones directas en la mejora de la eficiencia operativa y la calidad de los servicios de agua y alcantarillado, sino que también contribuye al desarrollo sostenible de las comunidades rurales en la región.

Este artículo contribuye a llenar un vacío de conocimiento en esta área y proporciona información valiosa para la gestión del talento humano y la implementación de estrategias de desarrollo de competencias en organizaciones similares.

## Antecedentes (RQ1 y RQ2)

Los fundamentos de investigación contextualizan el acceso al agua potable como un derecho humano reconocido en la normativa internacional adoptada por estados soberanos (Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos, 2011). Estas normativas enfatizan la accesibilidad, disponibilidad y calidad del agua como recursos vitales para preservar la salud y la vida humana. Además, se establecen obligaciones específicas para garantizar que todas las personas puedan satisfacer sus necesidades básicas de consumo, saneamiento e higiene. Este reconocimiento se refleja en tratados internacionales, convenciones y protocolos adicionales que destacan la importancia del acceso equitativo al agua potable como un derecho fundamental.

A nivel nacional, la legislación costarricense ha reforzado este reconocimiento mediante la Ley N°9849, que incorpora el acceso al agua potable como un derecho humano básico e inalienable en la Constitución Política (La Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 2020). Este reconocimiento legal subraya la responsabilidad estatal de garantizar condiciones equitativas de acceso a los servicios de agua potable, con especial atención a los sistemas de acueducto y alcantarillado regulados por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos.

A nivel comunitario, las Asadas surgen como entidades locales encargadas de gestionar y mantener los sistemas de agua potable en comunidades donde el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) u otras entidades no proveen este servicio (Monge Esteban et al., 2013).

Estas asociaciones operan bajo la Ley de Asociaciones No. 218 (El Congreso Constitucional de La República, 1936) y desempeñan un papel crucial en la garantía del acceso al agua potable en áreas rurales.

La gestión efectiva de las Asadas implica principios fundamentales como la integridad, transparencia, rendición de cuentas y participación ciudadana. Estos principios, respaldados por una gestión democrática y responsable, son esenciales para asegurar la sostenibilidad y eficiencia en la prestación de servicios de agua potable a nivel comunitario.

Además, la literatura sobre gestión de recursos humanos resalta la importancia de incorporar la educación y el desarrollo de competencias tecnológicas como componentes clave en la mejora continua de las empresas (Pea-Assounga & Bindel Sibassaha, 2024; Valeriano, 2021). La adquisición de competencias tecnológicas se correlaciona con valores éticos y habilidades blandas, lo que motiva a los trabajadores a mejorar su desempeño y aumentar su sentido de pertenencia a la organización (Bachmann et al., 2024).

En el contexto de las Asadas del Caribe Norte de Costa Rica, la implementación de competencias tecnológicas se presenta como un factor crucial para mejorar la eficiencia en la gestión del agua potable y los servicios de alcantarillado. La brecha tecnológica existente resalta la necesidad de cerrarla mediante el desarrollo de habilidades digitales en el talento humano de estas organizaciones. Este enfoque no solo busca optimizar las operaciones internas, sino también contribuir al desarrollo sostenible de las comunidades rurales en la región, alineándose con los principios de acceso equitativo al agua potable como un derecho fundamental.

En resumen, el reconocimiento del acceso al agua potable como un derecho humano fundamental, junto con la importancia de una gestión efectiva de las Asadas y el desarrollo de competencias tecnológicas en el ámbito laboral, establecen un marco integral para abordar los desafíos relacionados con la prestación de servicios de agua potable en comunidades rurales de Costa Rica.

## II. MARCO CONCEPTUAL

En esta sección se aborda los principales conceptos utilizados en la investigación, así como sus componentes e importancia, misma que permite brindar respuesta a las preguntas de investigación RQ3, RQ4 y RQ5.

### Talento Humano

El talento humano es un recurso crucial para las organizaciones, generando valor a través de diversas funciones. La capacitación del personal representa una ventaja competitiva significativa para las empresas (Shaban & Khan, 2023).

En este contexto, la creación de una cultura digital se destaca como fundamental para la innovación y la competitividad organizacional (Briceño & Godoy, 2012). Las tecnologías digitales ofrecen herramientas y sistemas globales que respaldan a las organizaciones y a los individuos en diversas áreas del conocimiento (Zamudio, 2021).

La competencia en el uso de estas tecnologías, conocida como competencias digitales, es esencial para el talento humano, donde los cambios organizacionales representan retos y desafíos que pueden ser aprovechados como oportunidades de aprendizaje y control del entorno, por ello, identificar las competencias requeridas y establecer perfiles de competencias son pasos cruciales para adaptarse a estos cambios (Montero Delgado et al., 2019).

La actitud hacia el uso de tecnologías digitales influye en la aceptación tecnológica por parte del talento humano y, a su vez, en el desarrollo de las actividades laborales (Blackwell et al., 2016). El TAM se utiliza para medir la adopción de la tecnología por parte del personal en las organizaciones (Scherer et al., 2019).

### Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM)

El TAM, desarrollado por Fred Davis en 1989, es utilizado en esta investigación para comprender cómo los usuarios adoptan y utilizan nuevas tecnologías (Davis, 1989). Según estudios previos (Abbad, 2011; Sandí-Delgado & Bazán, 2021), el TAM evalúa la Utilidad Percibida (UP), que refleja si los usuarios creen que una tecnología mejorará su desempeño, y la Facilidad de Uso Percibida (FUP), que indica si la tecnología simplificará sus tareas y requerirá menos esfuerzo.

Además, el TAM considera factores externos que influyen indirectamente en estas variables, como la Aptitud y Normas Subjetivas. La Actitud hacia el Uso (AT) y la Intención Conductual de Uso (ICU) reflejan la disposición de los usuarios a emplear una tecnología específica. Este modelo se utiliza para prever la aceptación de tecnologías digitales por parte de los colaboradores, así como nuevas herramientas tecnológicas que las organizaciones buscan implementar (Sandí-Delgado et al., 2022).

Por lo tanto, en el contexto de las Asadas del Cantón de Pococí, este modelo proporcionará información sobre las perspectivas y reacciones de los colaboradores. La Utilidad y Facilidad de Uso Percibida son variables clave para comprender la intención de uso de las TIC's en este contexto específico.

### Modelo de competencias

Los modelos de gestión de competencias requieren un cambio cultural en cómo se valora el conocimiento dentro de la organización y cómo se le da importancia desde la experiencia propia. Las competencias, en este contexto, son elementos operativos que vinculan la capacidad del talento humano y los equipos para generar y aportar valor en los procesos organizacionales. El modelo de competencias está centrado en la gestión del talento humano con el propósito de agregar valor y establecer ventajas competitivas en la organización (Hernández Junco & Santamaría Naranjo, 2018).

Por tanto, la implementación de un modelo por competencias en una Asadas es de gran valor, ya que permite establecer una relación entre las competencias del talento humano y las metas estratégicas y ventajas competitivas de la organización. Esto resulta crucial para optimizar sus procesos y asegurar que el personal esté capacitado para cumplir con las demandas del mercado. Identificar y definir las competencias necesarias les brindará una visión más clara de las necesidades de la organización, lo que facilitará la atracción y contratación de talento adecuado, optimizando así los recursos económicos (Prendes et al., 2018). Este enfoque es especialmente relevante para organizaciones como las Asadas.

## III. METODOLOGÍA

El estudio se enmarca en un diseño descriptivo con un enfoque cualitativo, siguiendo un protocolo basado en Kitchenham (2004) para la revisión de la literatura. Se aplicó el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) mediante entrevistas y cuestionarios tipo escala Likert a los miembros de las Asadas del Cantón de Pococí. La metodología incluyó una revisión sistemática de la literatura para definir preguntas de investigación específicas y estrategias de búsqueda. Se desarrolló un caso de estudio para identificar las competencias tecnológicas requeridas y se validó el modelo propuesto en la Asociación Administradora del Acueducto Rural de La Unión de Guápiles. Este enfoque metodológico busca proporcionar información valiosa para la gestión del talento humano y la implementación de estrategias de desarrollo de competencias en organizaciones similares, contribuyendo así al avance tecnológico y sostenible en el sector de agua y saneamiento.

### Preguntas de investigación (RQ)

RQ1. ¿Cuáles son los aspectos fundamentales que deben considerarse al definir un perfil de competencias digitales específicamente para el talento humano de las Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados (Asadas) del Caribe Norte de Costa Rica, en el Cantón de Pococí? ¿Qué evidencia proporciona la literatura existente al respecto? RQ2. ¿Cómo se estructura administrativamente el recurso humano en la Asociación Administradora del Acueducto Rural de La Unión de Guápiles, y de qué manera esta estructura puede influir en la adopción y desarrollo de competencias tecnológicas? RQ3. ¿Qué modelos o enfoques existen en la literatura para medir la aceptación tecnológica por parte del talento humano, y cuál es su aplicabilidad en el contexto de las Asadas del Caribe Norte de Costa Rica? RQ4. ¿Cuáles son los principales retos y desafíos que enfrenta el talento humano de las Asadas del Caribe Norte de Costa Rica en la adquisición y desarrollo de competencias digitales? ¿Cómo impactan estos desafíos en la efectividad y eficiencia de las operaciones de las Asadas? RQ5. ¿Existen herramientas o metodologías específicas en la literatura para evaluar las competencias tecnológicas en organizaciones similares a las Asadas del Caribe Norte de Costa Rica? ¿Cómo podrían adaptarse o modificarse estas herramientas para su aplicación en el contexto de las Asadas? RQ6. ¿Cuáles son las competencias digitales específicas que se consideran necesarias o deseables para el talento humano de las Asadas del Caribe Norte de Costa Rica,

con el fin de mantener y fortalecer la ventaja competitiva de estas organizaciones en el suministro y gestión del agua potable y los servicios de alcantarillado? RQ7. ¿Qué factores internos y externos influyen en la adopción y aceptación de tecnologías digitales por parte del talento humano de las Asadas del Caribe Norte de Costa Rica? ¿Cómo pueden estas influencias ser gestionadas para facilitar la implementación exitosa de competencias tecnológicas en estas organizaciones?

### Estrategias de búsqueda de la información

La estrategia de búsqueda se centró en indagar en bases de datos académicas y científicas, como IEEE, ScienceDirect y EBSCOHOST (Martínez, 2016), así como en las bases de datos institucionales de la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA), debido a su disponibilidad y acceso a la información relevante. Se utilizaron palabras clave en español e inglés relacionadas con la temática de estudio, como gestión del talento humano, recursos humanos, herramientas tecnológicas, competencias tecnológicas, tecnologías digitales, entre otras (Martínez, 2016; Sandí-Delgado, 2023). Las cadenas de búsqueda se formularon mediante la combinación de 2 o más palabras clave.

### Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron documentos publicados en revistas científicas/académicas o conferencias, preferiblemente con DOI y escritos en inglés o español. Los criterios de exclusión se aplicaron a documentos sin acceso completo, que requerían pago por acceso, o que no pasaron por un proceso de revisión por pares.

### Proceso de selección preliminar y final

Se realizó una selección preliminar basada en el título, palabras clave y resumen de cada documento identificado, descartando aquellos que no se ajustaban inicialmente a los criterios de inclusión. Posteriormente, se llevó a cabo una selección final mediante la lectura completa de los documentos preseleccionados, aplicando nuevamente los criterios de inclusión y exclusión, para obtener un conjunto de fuentes primarias pertinentes al tema de investigación.

## Desarrollo del caso de estudio

Se desarrolló un caso de estudio para identificar las competencias tecnológicas requeridas por el talento humano de las Asadas del Cantón de Pococí, y se elaboró una propuesta de modelo de competencias tecnológicas. Luego, se aplicó el caso de estudio al talento humano de la Asociación Administradora del Acueducto Rural de La Unión de Guápiles para validar el modelo propuesto e identificar los factores que influyen en los procesos de desarrollo organizacional de la asociación, específicamente en la adopción de tecnologías digitales.

La población de estudio comprende al total de las Asadas pertenecientes a la jurisdicción del Cantón de Pococí. En la Tabla 1 se puede observar la información de las 29 Asadas de dicho cantón categorizadas por distrito.

*Tabla 1. Lista de Asadas del Cantón de Pococí, por Distrito, Año 2024*

Distrito	Asada
Colorado	Barra Colorado Norte Barra Tortuguero
Cariari	Aguas Frías Campo Cuatro Campo dos El Progreso El Ceibo La Esperanza Los Ángeles Sagrada Familia
Guápiles	Bella Vista La Unión
Jiménez	Buenos Aires Suerres
Roxana	El Cruce de Anabán La Fortuna La Maravilla Las Vegas Llano Bonito
La Rita	El Jardín El Patio El Rótulo La Suerte Palmitas El Porvenir Santa Rosa La Teresa Ticabán

*Nota: Tabla elaborada a partir de los datos de (Municipalidad de Pococí, 2024).*

Para obtener información sobre las percepciones de los colaboradores de las 29 Asadas, se emplearon tanto entrevistas guiadas como encuestas estructuradas. El cuestionario, basado en la escala Likert de cinco puntos, se centró en aspectos específicos relacionados con la información necesaria para la elaboración de las propuestas del Modelo de Competencias Tecnológicas.

El cuestionario que consta de 2 partes, la primera orientada al talento humano de las 29 Asadas del Cantón de Pococí, siendo este un instrumento para la recopilación de información general. Dicho cuestionario, abarcara diferentes variables como rango etario, género, nacionalidad, años laborales, educación, puesto, profesión, uso de TIC's. Luego, la segunda parte, la cual busca conocer información relacionada con competencias en internet y computación en la nube, actitud hacia las tecnologías digitales, competencias actitudinales y aceptación tecnológica, formación de competencias tecnológicas, ansiedad frente a las tecnologías digitales.

Se prestaron especial atención a la formulación de preguntas claras y relevantes para garantizar la validez. La confiabilidad del cuestionario se verificó mediante el Coeficiente Alpha Cronbach (Cronbach, 1951; Cruz-Rodríguez, 2019), con un valor de 0.867. Finalmente, los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SPSS.

## IV. RESULTADOS

En cuanto a la demografía del personal, se observa una predominancia de individuos entre 50 y 60 años, representando el 28% de los puestos de trabajo, seguidos por personas de entre 18 y 30 años, con un 27%. Los mayores de 65 años conforman solo el 7% del total. Todos los entrevistados son costarricenses y residentes locales. Respecto al género, los hombres ocupan el 58% de los puestos, mientras que las mujeres representan aproximadamente el 42%. En términos de funciones laborales, la mayoría de las mujeres ocupan roles administrativos, mientras que los hombres tienden a desempeñar funciones tanto administrativas como operativas en campo.

En cuanto a la comunicación, las Asadas del cantón de Pococí mayormente se comunican a través de atención al cliente en la sucursal correspondiente, seguido por llamadas telefónicas o mensajes de WhatsApp. Solo un 41% de estas Asadas cuentan con un sitio web institucional. Para pagos, los abonados tienen opciones que incluyen efectivo, SINPE, transferencia bancaria,

pago en línea y plataformas como BN y Tucán, siendo esta última la más utilizada. En general, los abonados prefieren recibir su comprobante de pago en formato físico, aunque algunos optan por recibirlo por correo electrónico o WhatsApp.

En términos de tecnología digital, los trabajadores de las Asadas del Cantón de Pococí reconocen el potencial de estas herramientas para mejorar la atención y resolver situaciones cotidianas de manera más eficiente. Sin embargo, existe una falta de estrategias y recursos para potenciar la capacitación en este ámbito. Por ejemplo, respecto al registro y control de información de los abonados, el 50% de las Asadas cuentan con un software propio, mientras que el 20% utiliza Excel y el 10% utiliza CISA. A pesar de esto, aún se observa un uso significativo de medios físicos impresos o escritos, lo que indica la necesidad de prestar mayor atención a la transición hacia soluciones digitales.

### Afirmaciones sobre capacitación

El personal que trabaja en organizaciones como las Asadas requiere un alto nivel técnico, como lo señala la Subgerencia Gestión de Sistema Comunes (2008), donde se destaca la importancia de la capacitación continua en temas específicos, especialmente en el contexto del suministro de agua potable en comunidades como la Unión de Guápiles. Sin embargo, los resultados de la muestra aplicada en las Asadas del cantón de Pococí revelan que la capacitación se brinda de manera general y ocasional en un 35% de los casos, mientras que un 24% nunca recibe capacitación y un 17% rara vez la recibe. Es particularmente preocupante que la mayoría de los trabajadores nunca reciban capacitación en competencias tecnológicas, a pesar de los beneficios que esto puede aportar (Sandí-Delgado, 2020).

Las dimensiones importantes para una excelente gestión de las Asadas, como el ofrecimiento de un acceso equitativo al agua potable y el uso adecuado de recursos económicos y humanos, plantean la necesidad de proporcionar capacitación por área de trabajo. Sin embargo, los resultados muestran que solo un porcentaje bajo recibe capacitación en temas relacionados con las TIC's, lo que indica la necesidad de mejorar y avanzar en estos aspectos.

Es fundamental que el personal esté alineado con las tareas que realizará, y los procesos de inducción juegan un papel crucial en esto. Sin embargo, más del 35% de los trabajadores no reciben capacitación durante el proceso de inducción,

Lo que resalta la necesidad de mejorar la preparación previa al inicio de labores. Aunque más del 45% recibe esta capacitación de manera frecuente o muy frecuente, aún queda un margen de mejora en la implementación de estos procesos.

## Competencias en tecnología, redes sociales y computación en la nube

Las competencias tecnológicas y digitales son fundamentales para optimizar procesos y facilitar el acceso a la información, tal como lo indican Sandí-Delgado & Bazán (Sandí-Delgado & Bazán, 2021). Se cuestionó sobre el uso de dispositivos en la organización, donde se observa que el 69% utiliza herramientas de Microsoft Office, especialmente Word, Excel y Forms. Sin embargo, el 59% no utiliza o no sabe cómo usar herramientas para almacenar y compartir archivos, lo cual es crucial para la toma de decisiones.

En cuanto al uso de herramientas asociadas al correo electrónico, un 86% utiliza herramientas como Gmail, mientras que un 59% indica no utilizar redes sociales como Facebook e Instagram. Además, la mayoría de los encuestados indicó haber utilizado herramientas de chat como mensajes de texto y WhatsApp.

Un análisis más detallado revela que, aunque hay un uso generalizado de herramientas de recolección de datos y herramientas cotidianas en puestos operativos, hay una menor interacción con herramientas web 2.0, como videos, wikis y blogs, que solo son utilizadas por el 10% de los encuestados. Además, se observa que el 55% de las Asadas del cantón de Pococí no cuentan con computadoras de escritorio, y el 48% carece de computadoras portátiles para tareas administrativas. Por otro lado, el 90% utiliza teléfonos celulares, pero solo el 10% utiliza tabletas electrónicas.

Ante la presente aplicación del cuestionario para las Asadas del Cantón de Pococí, en relación con competencias en internet, redes sociales y computación, un 41% de los colaboradores, afirman que nunca ingresan a redes sociales y un 35% afirma que sí, esto posiblemente sea que ingresan para uso de tiempo óseo, de la misma manera, un 35% afirma que nunca utilizan almacenamiento en la nube, esto debido a que muchas de las Asadas aun no manejan la información de esta manera, sino, manualmente. Sin embargo, en relación a la utilización de procesador de texto un 45% afirma que lo utilizan muy frecuentemente, esto se debe a que los tramites y procesos de pago se llevan a cabo de esta manera y los el otro 28% que no

lo utiliza se puede deber a que sus labores no están relacionadas con estas herramientas tecnológicas, por otra parte, muchas Asadas no frecuentan visitar sitios para informarse o capacitarse, como además tampoco, sitios en vivo donde puedan compartir información con compañeros o supervisores ya que un 45% no participa en foros, un 35% no suele ingresar a YouTube y un 52% no ingresar a Streaming.

## Uso de tecnologías digitales

En relación con el uso de tecnologías digitales, se observa que el 48% de los encuesta-dos utiliza recursos tecnológicos de manera muy frecuente en sus labores diarias, mientras que el 24% lo hace de forma frecuente. Este alto porcentaje podría deberse a la necesidad de apoyo tecnológico en las tareas diarias de los colaboradores de las Asadas, independientemente de su cargo.

El uso del procesador de texto es común, con un 38% que lo utiliza muy frecuentemente y un 28% de forma frecuente. Sin embargo, herramientas para el almacenamiento de información como Dropbox o Google Docs no son tan utilizadas, con un 38% que indica no usarlas, posiblemente debido a la falta de familiaridad o capacitación en su manejo.

Respecto al correo electrónico como medio de comunicación entre colaboradores, el 59% no lo utiliza, lo que sugiere que su uso es más común entre las jefaturas que entre el personal operativo. En contraste, un 69% hace uso de aplicaciones móviles como WhatsApp para la comunicación interna, posiblemente debido a su fácil accesibilidad.

El uso de redes sociales para compartir información entre colaboradores es bajo, con un 48% que no las utiliza. Además, el 62% no emplea las redes sociales para temas de capacitación, lo que podría indicar una falta de conocimiento sobre su potencial como herramienta de formación o la existencia de otras estrategias de capacitación preferidas por las Asadas participantes.

## Actitud hacia las tecnologías digitales

En la actualidad, la utilización de tecnología en las organizaciones es esencial para optimizar los procesos y mejorar el desempeño de los colaboradores. Las herramientas tecnológicas están intrínsecamente ligadas al progreso humano desde tiempos remotos, buscando satisfacer las necesidades individuales y colectivas.

En cuanto a la actitud hacia las tecnologías digitales, se observa que un 59% de los participantes nunca utiliza el correo electrónico para comunicarse con sus compañeros, y un 48% nunca accede a redes sociales para compartir información relevante con ellos. Además, un 62% no utiliza las redes sociales para capacitarse. Esto podría indicar que los participantes prefieren otros medios de comunicación, como WhatsApp, y que las redes sociales son utilizadas únicamente para fines personales o de entretenimiento.

Por otro lado, las herramientas tecnológicas permiten identificar las habilidades con mejores capacidades de ejecución, así como la competencia laboral asociada al puesto desempeñado. En relación con esto, un 34% de los participantes utiliza hojas de cálculo frecuentemente, y un 31% utiliza programas para simplificar el trabajo con la misma frecuencia. Además, un 48% confirma utilizar recursos tecnológicos frecuentemente para facilitar el desempeño de sus labores. Esto demuestra que las herramientas tecnológicas son valoradas positivamente por los colaboradores, ya que les permiten mejorar su eficiencia y precisión en el trabajo, así como ampliar sus conocimientos en sus áreas específicas. Los participantes no dudan en utilizar programas y aplicaciones que agilicen los procesos y tareas, con el objetivo de ofrecer un mejor servicio a los asociados de cada Asadas.

### Competencias ético-tecnológicas

En cuanto a las competencias ético-tecnológicas, se observa que un 45% de los participantes considera que las aplicaciones que utilizan para realizar su trabajo son las más adecuadas para su desempeño, lo que refleja una buena selección y uso consciente de las herramientas tecnológicas disponibles. Además, un 38% informa a su superior cuando cometen errores en el manejo de TIC's, lo que evidencia una actitud responsable y transparente frente a los errores.

Asimismo, un 48% de los participantes indica que cuando no saben cómo utilizar algún programa o dispositivo, solicitan apoyo de un compañero, lo que demuestra una actitud colaborativa y de búsqueda de soluciones en equipo. Esta práctica contribuye al desarrollo de habilidades y al intercambio de conocimientos entre los colaboradores.

Por otra parte, un 35% de los encuestados afirma que los programas que utilizan para el almacenamiento en la nube se rigen por licencias confiables, lo que garantiza la legalidad y seguridad de las operaciones y servicios de las Asadas.

Esta medida asegura el respaldo adecuado de la documentación e información de los asociados, lo que refleja un compromiso con la integridad y la protección de los datos.

Las competencias ético-tecnológicas de los participantes se evidencian en su capacidad para seleccionar y utilizar adecuadamente las herramientas tecnológicas, en su disposición para reconocer y corregir errores, en su colaboración con los compañeros para resolver problemas y en su compromiso con el cumplimiento de las normativas y licencias en el uso de programas y servicios tecnológicos.

### Afirmaciones con respecto a competencias actitudinales y aceptación tecnológica

Acerca de la actitud hacia las tecnologías digitales, se puede apreciar que un 62% de los participantes están totalmente de acuerdo en que las TICs benefician el desarrollo de los labores diarias, mientras que un 35% demuestra estar de acuerdo con dicha afirmación y solo un 3% en desacuerdo, sin embargo al consultársele al público meta si consideran que las TICs entorpecen los procesos diarios de trabajo un 59% indicó estar totalmente en desacuerdo y un 24% en desacuerdo, siendo estas respuestas las de mayor porcentaje, lo que podría ser producto del uso que actualmente las Asadas hacen de estas y el cambio positivo que podrían estar experimentando debido al uso de las mismas.

Por otra parte, se puede visualizar que un 76% de los colaboradores afirman contar con las condiciones de infraestructura tecnológica aptas para el desempeño de sus funciones, sin embargo un 10% manifiesta desacuerdo y un 14% se encuentra en desacuerdo, esto podría significar que existen brechas significativas en el avance e implementación de tecnologías digitales entre Asadas, en las cuales quizá sí se ha trabajado en el uso e integración de dichas herramientas, pero en otras no se ha avanzado lo suficiente.

En relación con la dotación de recursos como equipo y dispositivos tecnológicos, se aprecia que un 83% de los participantes afirman contar con este tipo de herramientas, mientras que un 17% niega la afirmación de poseer este tipo de equipo y dispositivos para el desempeño de sus labores, esto quizá sea producto de la misma brecha que se mencionaba anteriormente que exista entre Asadas,

en donde algunas han identificado las ventajas que conlleva la implementación de estas herramientas y han avanzado, pero otras se encuentran rezagadas resistiendo al cambio, en donde el factor humano juega un papel importante, y puede reflejarse en la negación de cambios organizacionales porque representan una alteración en su rutina diaria.

### Competencias actitudinales y aceptación tecnológica

Siguiendo con lo que propone Vásquez & Cortez (2019), en donde menciona que las herramientas tecnológicas tienen el fin de mejorar las necesidades de un individuo o población, en el caso de las Asadas encuestadas pertenecientes al Cantón de Pococí se podría poner en evidencia lo mencionado anteriormente ya que un 83% manifiesta estar totalmente de acuerdo en que la formación de los colaboradores en competencias tecnológicas es muy importante y de la misma forma un porcentaje igual de 83% comenta que recibir capacitación en la formación de competencias tecnológicas los ayudara a planificar y desempeñar mejor sus labores diarias.

Por otra parte, un 79% comenta que el uso de tecnologías digitales en sus funciones laborales es importante y un 97% está de acuerdo en que una buena actitud hacia las mismas favorece el uso e integración de estas, además un 35% mostro estar en desacuerdo respecto al hecho de que si una herramienta digital resulta difícil de utilizar la abandonan, lo que podría representar que los colaboradores de las Asadas disponen de una buena actitud en el proceso de aprendizaje y aceptación e integración en este caso de herramientas digitales.

Por lo que se refiere a la formación académica un 55% menciona estar de acuerdo en que esta influye en el uso y aceptación de las herramientas tecnológicas y un 52% manifestó estar de acuerdo en que la edad también influye en lo mismo, por lo que esto quizá pueda representar un reto para las Asadas, ya que podría ser importante que en la implementación de estrategias de capacitación se tomen estos factores en consideración para que en el desarrollo de dichas estrategias se implemente una metodología de aprendizaje que sea efectiva en cada colaborador.

## V. CONCLUSIONES

Las presentes conclusiones sintetizan los principales hallazgos del análisis, destacando los desafíos tecnológicos y operativos que enfrentan las Asadas, así como las oportunidades de mejora en competencias digitales, infraestructura y procesos. Estas reflexiones ofrecen una visión integral para impulsar la eficiencia, sostenibilidad y calidad del servicio en beneficio de las comunidades.

- La AAARLU ha experimentado diversos cambios a lo largo de los años, consolidando una estructura organizativa robusta que incluye una Junta Directiva y un equipo administrativo de cinco colaboradores liderados por un administrador con formación en Ingeniería en Sistemas. Este perfil técnico y profesional resulta valioso, ya que permite optimizar procesos mediante el aprovechamiento de tecnologías, mejorar la eficiencia operativa y fomentar el aprendizaje continuo en habilidades tecnológicas.
- Entre los principales desafíos identificados destacan aspectos como el rango etario de los colaboradores, donde la mayoría de los operarios son mayores de 50 años y cuentan con experiencia práctica, pero enfrentan limitaciones en competencias tecnológicas. Por otro lado, los trabajadores más jóvenes, con un perfil más administrativo, poseen un nivel educativo mayor, pero carecen en ocasiones de experiencia práctica en el sector. Además, las Asadas enfrentan restricciones presupuestarias significativas que limitan la inversión en capacitación tecnológica, equipos y mejoras en infraestructura. Esto resulta en un bajo acceso a herramientas tecnológicas avanzadas y en una formación limitada en competencias digitales, lo cual obstaculiza la optimización de procesos, el ahorro de tiempo y el uso eficiente de los recursos.
- El análisis resalta que las competencias digitales básicas (procesadores de texto, hojas de cálculo, correo electrónico y aplicaciones de mensajería) son reconocidas como esenciales por el 83% de los colaboradores. Sin embargo, persisten brechas importantes en el uso de tecnologías avanzadas como almacenamiento en la nube, software de gestión y redes sociales aplicadas al entorno laboral. Las barreras para la adopción tecnológica incluyen factores como la edad (52%), la formación académica insuficiente (55%) y la percepción de complejidad de ciertas herramientas digitales. Superar estas barreras requerirá estrategias específicas que consideren las características demográficas y laborales de los colaboradores.
- Asimismo, se observan desigualdades en la

infraestructura tecnológica de las Asadas, ya que no todas disponen de oficinas propias ni equipos adecuados. Aunque algunas han avanzado en la implementación de tecnologías, otras enfrentan dificultades para proporcionar los recursos básicos necesarios. La falta de inversión en capacitación recurrente y recursos tecnológicos adecuados afecta directamente la capacidad de estas organizaciones para mejorar su eficiencia operativa y la calidad del servicio que brindan a las comunidades.

- El modelo TAM propio extendido, diseñado específicamente para la AAARLU, permitió identificar los principales factores que inciden en la aceptación tecnológica. Entre ellos destacan el rango etario, la formación académica, las competencias técnicas y la infraestructura disponible. Este modelo facilita el diagnóstico de áreas de mejora y orienta la implementación de soluciones adaptadas a las necesidades específicas de la organización.

Las Asadas del Cantón de Pococí enfrentan el desafío de cerrar las brechas tecnológicas mediante la capacitación, la sensibilización y la inversión en infraestructura. La adopción de herramientas digitales y la mejora en competencias tecnológicas son pasos fundamentales para optimizar procesos y garantizar un servicio más eficiente y sostenible.

## VI. RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan una serie de recomendaciones dirigidas a fortalecer las competencias tecnológicas de los colaboradores de las Asadas, mejorar la infraestructura y fomentar la adopción de herramientas digitales. Estas propuestas buscan cerrar las brechas identificadas, optimizar los procesos operativos y promover una gestión más eficiente y sostenible, beneficiando tanto a los colaboradores como a las comunidades que dependen de sus servicios.

- Capacitación tecnológica básica y accesible, se recomienda organizar talleres gratuitos presenciales sobre herramientas esenciales como correo electrónico, plataformas de videoconferencia, almacenamiento en la nube y suites ofimáticas. Estos talleres deben incluir guías paso a paso con lenguaje sencillo, imágenes ilustrativas y tutoriales en video para facilitar el aprendizaje.
- Acompañamiento personalizado, para implementar programas de mentoría tecnológica en los que colaboradores más experimentados sirvan de guía para sus compañeros. Esto puede complementarse con sesiones prácticas supervisadas que permitan resolver dudas en tiempo real y generar confianza en el uso de herramientas digitales.

- Fomentar el aprendizaje continuo, para crear un plan de formación a mediano y largo plazo enfocado en habilidades digitales clave. Promover el uso de simulaciones y entornos controlados para que los colaboradores se familiaricen con nuevas tecnologías sin temor a equivocarse, en un ambiente de aprendizaje inclusivo y libre de juicios. La formación debe considerar diferencias en edad y formación académica para garantizar su efectividad (Zhang et al., 2008). Además, es fundamental incorporar procesos de inducción tecnológica para los nuevos colaboradores, asegurando un nivel inicial uniforme en el uso de herramientas digitales.
- Inversión en infraestructura tecnológica, para ello, se requiere realizar un diagnóstico de las necesidades tecnológicas de cada Asada para estandarizar el equipamiento mínimo requerido. Es fundamental priorizar la adquisición de equipos compartidos, conexión a internet de alta velocidad y software adecuado para las labores diarias. Asimismo, se deben desarrollar planes de mantenimiento preventivo para garantizar la sostenibilidad de los equipos adquiridos. Este fortalecimiento permitirá mejorar la gestión operativa y administrativa, alineándose con el interés general del 83% de los colaboradores que consideran las TIC's esenciales para el desempeño eficiente de sus funciones (Vásquez y Cortez, 2019).
- Programas de formación continua, esto dado que solo el 17% de los colaboradores recibe capacitación constante, es crucial diseñar programas recurrentes que aborden tanto competencias digitales básicas como avanzadas. Estos programas deben considerar las diferencias en edad y nivel académico de los empleados para garantizar su efectividad.
- Promoción de la cultura tecnológica, para implementar talleres de sensibilización sobre la importancia de la tecnología en las operaciones diarias y estrategias de comunicación que motiven la adopción de nuevas herramientas digitales. Además, fomentar la integración de políticas organizacionales que impulsen el uso de tecnologías en todas las áreas.
- Búsqueda de financiamiento externo, para establecer alianzas estratégicas con instituciones públicas y privadas para acceder a fondos que permitan mejorar la infraestructura tecnológica y financiar capacitaciones. Este apoyo facilitará la implementación de herramientas digitales necesarias para la digitalización y automatización de procesos.

- Desarrollo de competencias digitales avanzadas, para incentivar el aprendizaje de tecnologías como el almacenamiento en la nube, la gestión de redes sociales y el uso de plataformas colaborativas. Estas herramientas son clave para optimizar la comunicación interna, la gestión administrativa y la interacción con la comunidad.
- Implementación del modelo TAM extendido, ya que al aplicar el modelo TAM desarrollado específicamente para la AAARLU, identificando y abordando las variables que afectan la aceptación tecnológica. Esto permitirá diseñar soluciones personalizadas que mejoren la eficiencia operativa y fomenten una transición más efectiva hacia el uso de herramientas digitales.

En síntesis, es fundamental reforzar las competencias de los colaboradores en el acceso, uso y adopción de tecnologías, considerando diferentes ejes o variables que se ajusten a sus necesidades específicas. Asimismo, las organizaciones deben identificar y analizar los desafíos existentes antes de implementar el Modelo de Competencias Tecnológicas. Entre las principales carencias identificadas, destaca la necesidad de mejorar la capacitación y sensibilización en el uso de herramientas tecnológicas, ya que actualmente las Asadas no ofrecen programas formativos sobre este tema.

Para abordar estas brechas, se recomienda implementar programas inclusivos que utilicen materiales didácticos adaptados tanto para personas mayores como para jóvenes, considerando sus diferentes niveles de conocimiento. Estas capacitaciones deben complementarse con actividades prácticas y progresivas, que permitan reforzar y aplicar lo aprendido de manera constante. Además, un aspecto crítico identificado en este análisis es la falta de equipos tecnológicos adecuados, lo cual dificulta tanto la eficiencia operativa de las organizaciones como la enseñanza y práctica de nuevas herramientas por parte de los colaboradores.

Para garantizar el uso eficiente y sostenible de los equipos adquiridos, es necesario desarrollar planes de mantenimiento preventivo y correctivo. Esto no solo prolongará la vida útil de los recursos, sino que también permitirá a los colaboradores optimizar su trabajo diario. Estos equipos también facilitarán la creación y gestión de redes sociales para promover los servicios de las Asadas, mejorar la comunicación con los usuarios y fomentar la participación comunitaria. Adicionalmente, se sugiere implementar plataformas sencillas para la difusión de información relevante, como reportes sobre la disponibilidad de agua y anuncios de mantenimientos programados.

Por otro lado, el factor económico es un desafío importante. Las Asadas deben buscar mayores apoyos, especialmente del AyA, para obtener financiamiento adicional destinado a capacitaciones, adquisición de equipos e infraestructura tecnológica. Esto permitirá incorporar herramientas básicas pero funcionales que impulsen la digitalización y la automatización de procesos esenciales en estas organizaciones.

La mejora en estos aspectos permitirá a las Asadas incrementar su eficiencia operativa, optimizar recursos económicos, fortalecer la comunicación interna y con la comunidad, y reducir las brechas generacionales en el uso de la tecnología. A través de capacitaciones efectivas y el acceso a herramientas tecnológicas adecuadas, se garantizará un servicio más eficiente, una gestión más sostenible y un impacto positivo en el bienestar de toda la comunidad.

## REFERENCIAS

- [1] Abbad, M. (2011). A conceptual model of factors affecting e-learning adoption. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 1108-1119. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2011.5773286>
- [2] Bachmann, N., Rose, R., Maul, V., & Hölzle, K. (2024). What makes for future entrepreneurs? The role of digital competencies for entrepreneurial intention. *Journal of Business Research*, 174, 114481. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.114481>
- [3] Blackwell, C. K., Lauricella, A. R., & Wartella, E. (2016). The influence of TPACK contextual factors on early childhood educators' tablet computer use. *Computers & Education*, 98(July), 57-69. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.010>
- [4] Boulahrouz, M., Medir, R. M., & Calabuig, S. (2019). Tecnologías digitales y educación para el desarrollo sostenible. Un análisis de la producción científica. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 54, 83-106. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2019.i54.05>
- [5] Briceño, M., & Godoy, F. (2012). El Talento Humano: Un Capital Intangible que Otorga Valor en las Organizaciones. *International Journal of Good Conscience.*, 7(1), 57-67. <http://www.daena-journal.org/>

- [6] Cruz-Alvarado, M. A., Sandí-Delgado, J. C., & Víquez-Barrantes, I. G. (2017). Diseño de situaciones educativas innovadoras como estrategia didáctica para fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 8(2), 99-116. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6632895>
- [7] Cruz-Rodríguez, E. D. carmen. (2019). Importancia del manejo de competencias tecnológicas en las prácticas docentes de la Universidad Nacional Experimental de la Seguridad (UNES). *Revista Educación*, 43(1), 196-218. <https://doi.org/10.15517/revedu.v43i1.27120>
- [8] Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- [9] Delecraz, S., Eltarr, L., Becuwe, M., Bouxin, H., Boutin, N., & Oullier, O. (2022). Responsible Artificial Intelligence in Human Resources Technology: An innovative inclusive and fair by design matching algorithm for job recruitment purposes. *Journal of Responsible Technology*, 11, 100041. <https://doi.org/10.1016/j.jrt.2022.100041>
- [10] El Congreso Constitucional de La República, C. Ri. (1936). Ley de Asociaciones No. 218. Congreso Constitucional de La República de Costa Rica. [https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=32764&nValor3=34575&strTipM=TC](https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=32764&nValor3=34575&strTipM=TC)
- [11] Govil, N., & Sharma, A. (2022). Validation of agile methodology as ideal software development process using Fuzzy-TOPSIS method. *Advances in Engineering Software*, 168, 103125. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2022.103125>
- [12] Hernández Junco, V., & Santamaría Naranjo, N. V. (2018). Modelo de gestión de talento humano por competencias de la ONG para la discapacidad Fundación Cuesta Holguín. *Revista Científica ECOCIENCIA*, 5(3), 1-36. <https://doi.org/10.21855/ecociencia.53.111>
- [13] Kitchenham, B. (2004). Procedures for performing systematic reviews. University of Keele (Software Engineering Group, Department of Computer Science), 33(July), 1-28. <https://www.inf.ufsc.br/~aldo.vw/kitchenham.pdf>
- [14] La Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (2020). Ley No 9849 - Adiciona la Constitución Política para reconocer y garantizar el derecho humano de acceso al agua. En *La Gaceta* (Número 159). <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC200064/>
- [15] Martínez, L. J. (2016). Cómo buscar y usar información científica: Guía para estudiantes universitarios 2016. [http://eprints.rclis.org/29934/7/Como\\_buscar\\_usar\\_informacion\\_2016.pdf](http://eprints.rclis.org/29934/7/Como_buscar_usar_informacion_2016.pdf)
- [16] Monge Esteban, Paz Luisa J., & Ovares Carolina. (2013). Manual para las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (Asadas) de Costa Rica. En Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). [https://www.aya.go.cr/Asadas/documentacionAsadas/Manual\\_para\\_las\\_Asadas\\_-\\_Cedarena\\_-\\_Transparencia\\_y\\_Rendición\\_de\\_Cuentas.pdf](https://www.aya.go.cr/Asadas/documentacionAsadas/Manual_para_las_Asadas_-_Cedarena_-_Transparencia_y_Rendición_de_Cuentas.pdf)
- [17] Montero Delgado, J. A., Merino Alonso, F. J., Monte Boquet, E., Ávila de Tomás, J. F., & Cepeda Díez, J. M. (2019). Key digital skills for healthcare professionals. *Educacion Medica*, 21(5), 338-344. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2019.02.010>
- [18] Municipalidad de Pococí. (2022). Plan-Cantonal-Desarrollo-Humano-Local.
- [19] Muñoz-Osuna, F., Medina-Revilla, A., & Guillén-Lúgigo, M. (2018). Jerarquización de competencias genéricas bAsadas en las percepciones de docentes universitarios. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.11.002>
- [20] Pea-Assounga, J. B. B., & Bindel Sibassaha, J. L. (2024). Impact of technological change, employee competency, and law compliance on digital human resource practices: Evidence from congo telecom. *Sustainable Futures*, 7, 100195. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2024.100195>
- [21] Prendes, M. P., Gutiérrez, I., & Martínez, F. (2018). Competencia digital: una necesidad del profesorado universitario en el siglo XXI. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 56, 1-22. <https://doi.org/10.1088/0022-3735/9/10/015>
- [22] Romero, D., Sánchez, S., Rincón, Y., & Romero, M. (2020). Strategy and competitive advantage: Fundamental binomial for the success of small and medium-sized companies. *Revista de Ciencias Sociales*, 26(4), 465-475. <https://doi.org/10.31876/rcs.v26i4.34674>

[23] Sandí-Delgado, J. C. (2020). Desarrollo de competencias digitales en el profesorado a través de juegos serios: Un estudio de caso aplicado en la Universidad de Costa Rica (UCR). *e-Ciencias de la Información*, 10(2), 1-27. <https://doi.org/10.15517/eci.v10i2.38946>

[24] Sandí-Delgado, J. C. (2023). Propuesta metodológica y arquitectónica para el desarrollo de juegos serios orientados a la formación de competencias tecnológicas [Universidad Nacional de La Plata]. <https://doi.org/10.35537/10915/154614>

[25] Sandí-Delgado, J. C., & Bazán, P. A. (2019). Educational Serious Games as a Service: Challenges and Solutions. *Journal of Computer Science and Technology*, 19(01), 66-80. <https://doi.org/10.24215/16666038.19.e07>

[26] Sandí-Delgado, J. C., & Bazán, P. A. (2021). Diseño de juegos serios: Análisis de metodologías. *e-Ciencias de la Información*, 11(2), 1-24. <https://doi.org/10.15517/eci.v11i2.45505>

[27] Sandí-Delgado, J. C., Sanz, C. V., & Lovos, E. N. (2022). Acceptance of Serious Games to Develop Digital Competencies in Higher Education Professors. *Electronic Journal of e-Learning*, 20(3), 351-367. <https://doi.org/10.34190/ejel.20.3.2181>

[28] Sandí Delgado, J. C. (2018). Juegos serios para la indagación de competencias tecnológicas que puedan integrarse en la práctica pedagógica del profesorado. Universidad de Costa.

[29] Sarmiento Bolívar, M. I. (2021). Lenguajes y Entornos de Programación para Fortalecer El Desarrollo de Competencias Concernientes al Pensamiento Computacional. *Hamut' Ay*, 7(3), 86-97. <https://doi.org/10.21503/hamu.v7i3.2200>

[30] Sarmiento Bolívar, M. I. (2022). Propuesta metodológica para el desarrollo de competencias vinculadas con el pensamiento computacional. *Tecné Episteme y Didaxis TED*, 52, 153-174. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/12796>

[31] Scherer, R., Siddiq, F., & Tondeur, J. (2019). The technology acceptance model (TAM): A meta-analytic structural equation modeling approach to explaining teachers' adoption of digital technology in education. *Computers & Education*, 128(January), 13-35. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.009>

[32] Shaban, A., & Khan, S. (2023). Cultural diversity, human capital, and regional economic growth in India. *Regional Science Policy & Practice*, 15(5), 973-991. <https://doi.org/10.1111/rsp3.12528>

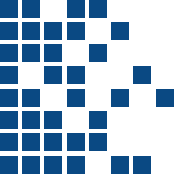
[33] Subgerencia Gestión de Sistema Comunales. (2008). Manual Informativo. Aspectos básicos para la gestión de las nuevas Juntas Directivas de las Asadas (p. 68). Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1136103419301376>

[34] Valeriano, L. (2021). Reclutamiento y selección virtual por competencias. *Gestión en el Tercer Milenio*, 24(48), 145-152. <https://doi.org/10.15381/gtm.v24i48.21827>

[35] Zamudio, A. (2021). Tecnologías de la información y las comunicaciones. Catálogo editorial, *Conpes 3547*, 1-22. <https://doi.org/10.15765/polii.v1i590.2023>



The graphic features the CPIC logo at the top, followed by the text "Síguenos en LinkedIn" in a large, bold font. Below this, it reads "Colegio de Profesionales en Informática y Computación (CPIC)" and includes the social media handle "@colegio-de-profesionales-en-inform-tica-y-computaci-n". At the bottom, there is a QR code for linking to the CPIC LinkedIn profile.



# OPORTUNIDADES EN LA SALUD PÚBLICA. ¿CÓMO POTENCIAR LA APLICACIÓN MÓVIL EDUS EN ZONA DE OCCIDENTE?

**J. Mcintosh**

Profesor Universidad de Costa Rica Sede Occidente  
james.mcintosh@ucr.ac.cr

**M. Mejías**

Profesor Universidad de Costa Rica Sede Occidente  
mmejias@ucr.ac.cr

## RESUMEN

Este estudio analizó las oportunidades para mejorar el uso de la aplicación móvil para el Expediente Digital Único en Salud, conocido como EDUS, en la Zona de Occidente de Costa Rica. Se reveló que, aunque la mayoría de las personas encuestadas (91 %) conocen la plataforma, solo el 46 % la utiliza regularmente, debido a problemas técnicos y desconocimiento de sus funcionalidades. Se recomienda optimizar la aplicación en términos de accesibilidad, implementar campañas educativas, establecer mecanismos de retroalimentación continua y utilización de tecnologías innovadoras como la inteligencia artificial. La mejora de estas áreas ayuda a potenciar el impacto de EDUS en la salud pública, especialmente en zonas rurales.

## I. INTRODUCCIÓN

Con la creación de la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS) como institución semiautónoma el 1 de noviembre del 1942 mediante la Ley n.º 17 [1], y su posterior transformación en una institución autónoma con la reforma a la ley de creación de la CCSS el 22 de octubre de 1943, Costa Rica establece que a la CCSS “le corresponde el gobierno y la administración de los seguros sociales Asimismo, define el alcance del seguro obligatorio, como se indica en el artículo 2 de la ley:

*El seguro social obligatorio comprende los riesgos de enfermedad, maternidad, invalidez, vejez y desempleo involuntario; además, comporta una participación en las cargas de maternidad, familia, viudedad y orfandad y el suministro de una cuota para entierro, de acuerdo con la escala que fije la Caja, siempre que la muerte no se deba al acaecimiento de un riesgo profesional. [2]*

La CCSS asume la gestión y supervisión de la prestación de los servicios de salud pública. Este proceso comienza de forma manual y, paulatinamente, se incorporan cambios tecnológicos para el apoyo operativo y de gestión.

Como parte de estos esfuerzos, en 2008 se conceptualiza el Expediente Digital Único en Salud (EDUS) “como un conjunto de aplicaciones que tienen como objetivo automatizar los procesos de los servicios de salud, según el modelo de servicios que ha adoptado la CCSS en materia de salud pública” [3]. a implementación de un plan piloto inicia en Hone Creek de Talamanca el 3 de marzo de ese año.

Los esfuerzos de la CCSS en relación con la implementación del EDUS continúan, como se desprende de la sesión de la Junta Directiva de la CCSS del 3 de mayo de 2012 [4], y con su posterior declaratoria de prioridad institucional. Aunado a lo anterior, la Sala Constitucional, mediante el voto n.º 6859-2012 del 23 de mayo de 2012, ordena a la presidenta ejecutiva y a la Junta Directiva de la CCSS a “Implementar y ejecutar el proyecto Expediente Digital Único en Salud (EDUS) en un plazo razonable” [5].

El 26 de agosto de 2013 se aprueba la Ley n.º 9162 del Expediente Digital Único en Salud, que le confiere un carácter de interés público y establece “el ámbito y los mecanismos de acción necesarios para el desarrollo del proceso de planeamiento, financiamiento, provisión de insumos y recursos e implementación del expediente digital único de

salud, desde una perspectiva país” [6]. Además, la ley le otorga a la CCSS un transitorio de cinco años para su desarrollo y para cumplir con objetivos como “fortalecer la garantía constitucional del derecho a la vida y a la salud de los habitantes”, “avanzar hacia la universalidad en el acceso a los servicios médicos de calidad”, “reducir la brecha de equidad existente en la prestación de servicios de salud en las diversas regiones del país”, entre otros. El 29 de enero de 2018 se publica el reglamento del EDUS, donde se define el concepto de Aplicativo EDUS como la

*Solución informática desarrollada para apoyar la prestación de servicios de salud en apego a las normas. Los aplicativos EDUS se encuentran integrados para conformar la solución informática que soporta el Expediente Digital Único de Salud. Cada aplicativo EDUS forma parte del correspondiente Sistema de Información EDUS. [7]*

La CCSS recibe un premio de parte de las Naciones Unidas en la categoría de Promoción de la Transformación Digital en las Instituciones del Sector Público por los resultados obtenidos con la implementación del EDUS en 1 047 EBAIS ubicados en todo el país [8], en relación con el Objetivo 3 de las Naciones Unidas: “Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades” [9]. En la información de la nominación se indica que:

*El Expediente Médico Electrónico promueve el seguimiento adecuado de los pacientes, tales como mujeres embarazadas y población infantil, la adherencia al tratamiento, y el apoyo para toma de mejores decisiones clínicas. Esta información puede ser además accedida por los usuarios desde sus teléfonos móviles. [10]*

Durante el período del 1.º de enero al 31 de diciembre de 2022, los usuarios externos realizaron un total de 15 061 767 citas de consulta externa, de las cuales 628 617 fueron efectuadas a través de la aplicación EDUS, 25 263 por vía telefónica y 22 936 por la aplicación web; las restantes se gestionaron de forma presencial [11]. Cabe destacar que, en 2021, la cantidad de citas generadas por la aplicación móvil fue de 841 787, de un total de 75 094 182 citas de consulta externa [12]. Es importante recordar que, durante 2021, el país estuvo expuesto a la pandemia de COVID-19.

Adicionalmente, el ciberataque sufrido el 31 de mayo de 2022 provoca la suspensión de las plataformas [13] y, por ende, afecta el servicio del EDUS, lo que obliga a recurrir a otras formas de trabajo, entre ellas el expediente físico.

Este apagón se mantiene por dos meses, hasta que la CCSS “habilitó la aplicación EDUS para personas usuarias el 22 de julio del 2022” [14], con los datos registrados antes del ciberataque, permitiendo así continuar con su utilización.

Con base en la literatura revisada, se pone de manifiesto el esfuerzo de la CCSS por mejorar la prestación de los servicios de salud mediante la implementación del EDUS en el territorio nacional.

## II. TRABAJOS RELACIONADOS

En la región de América Latina y el Caribe, se han iniciado diversos proyectos de salud digital. Entre ellos, en 2007, Uruguay comienza la implementación del Sistema Nacional Integrado de Salud (SNIS) con el objetivo de permitir al personal de salud acceder a los documentos de la historia clínica de los pacientes. Para 2019, se pone a disposición de los usuarios la aplicación “Mi historia clínica digital” [15].

En 2019, Brasil, enfrentando retos particulares como el tamaño de su población (superior a los 200 millones) y su vasta extensión territorial, instituye el Programa Connect SUS, que incluye el National Health Data Network (RDNS) y la informatización del sistema de salud, con el primordial objetivo de permitir a los ciudadanos conocer su información de salud, como vacunas, consultas y exámenes, entre otros. De igual manera, se desarrollan aplicaciones como MedSUS (listado de medicamentos), e-SUS y la app para usuarios finales Meu digiSUS, con la cual se puede acceder a la información de salud [16].

Perú aprobó la Ley 30024, que crea el registro nacional de historias clínicas electrónicas, mientras que Argentina, Chile e incluso Brasil cuentan con leyes complementarias e interrelacionadas que apoyan el desarrollo de estos sistemas. De los 26 países de América Latina y el Caribe, 24 incluyen en su marco normativo nacional que los pacientes pueden acceder a sus datos personales de salud [17].

La importancia de la implementación de soluciones de salud digital, que busquen promover la salud y el bienestar de las poblaciones, quedó registrada en la Estrategia Mundial sobre Salud Digital 2020-2025 [18]. Dinamarca, Austria, Suiza, Noruega, Reino Unido, así como Alemania, Países Bajos, Canadá, Estados Unidos, Israel, Nueva Zelanda y Corea del Sur también han desarrollado sistemas de registros electrónicos de salud a nivel nacional (Nationwide Electronic Health Record -NEHR-),

con diferentes niveles de madurez. A nivel europeo, Dinamarca, Suiza y Países Bajos son los líderes, mientras que Australia es uno de los países más avanzados a nivel mundial, y Israel es considerado un pionero en el desarrollo de estos sistemas. Dependiendo de la implementación, estos incluyen la capacidad de asignar a cada paciente un identificador personal, así como la posibilidad de interoperabilidad entre los diferentes operadores encargados de la prestación de los servicios de salud y del desarrollo de las aplicaciones [19].

Aunque en la mayoría de los países de la Unión Europea se ha logrado el desarrollo de sistemas para el registro electrónico de salud, queda pendiente mejorar la interoperabilidad entre ellos, lo que provoca que los pacientes no puedan acceder a sus registros ni utilizarlos con los diferentes proveedores de salud [20].

Queda de manifiesto que, tanto en la región centroamericana y latinoamericana como a nivel mundial, se han realizado diversos esfuerzos para permitir que los pacientes tengan acceso a sus expedientes de registros médicos y, en especial, para que los profesionales de salud o proveedores cuenten con un marco referencial para una mejor atención del paciente.

### III. METODOLOGÍA

Este estudio utilizó un enfoque cuantitativo mediante la aplicación de una encuesta en línea para recopilar datos sobre las oportunidades y desafíos asociados con la utilización de la aplicación móvil EDUS en la Zona de Occidente de Costa Rica. La encuesta fue diseñada para capturar la percepción y experiencia de los residentes de la región respecto al uso de la aplicación, así como sus sugerencias para mejorarla.

La población objetivo incluyó a los residentes de la Zona de Occidente, específicamente de los cantones de San Ramón, Grecia, Atenas, Naranjo, Palmares, Poás, Zarcero, Sarchí y Río Cuarto, de donde se obtuvieron la mayor cantidad de respuestas, un total de 98 de 104 encuestados. No obstante, no se limitó la participación a estos cantones, ya que también se permitió que personas de otros cantones, como Alajuela (Alajuela), Pavas (San José), San Isidro, Santiago y Heredia (estos tres últimos de la provincia de Heredia), pudieran realizarla. Se solicitó la participación voluntaria de individuos que fueran usuarios actuales o potenciales de la aplicación EDUS. No se estableció un tamaño de muestra específico, permitiendo así la participación de cualquier residente interesado en la temática.

### A. Participantes

Los participantes (104 personas) fueron invitados a realizar la encuesta mediante un enlace en línea distribuido a través de diferentes canales de comunicación digital, como redes sociales y correos electrónicos dirigidos a comunidades y organizaciones locales. Al hacer clic en el enlace, los participantes accedían directamente al formulario de la encuesta, donde se les proporcionaba información sobre el propósito del estudio y se les comunicaba que los datos obtenidos serían para uso exclusivo de este estudio.

Los datos recolectados fueron analizados utilizando métodos estadísticos descriptivos para identificar patrones de uso, percepción y sugerencias de mejora para la aplicación móvil EDUS. El análisis se centró en determinar las áreas clave en las que la aplicación podría potenciarse para mejorar la accesibilidad y usabilidad en la región de Occidente.

## IV. RESULTADOS

La encuesta recopiló respuestas de un total de 104 participantes. En cuanto a la distribución por edad, la mayoría de los encuestados se concentró en el rango de 40 a 49 años, representando un 37,5 % de la muestra (39 personas). Los grupos de 30 a 39 años y de 18 a 29 años también mostraron una participación significativa, con un 22,1 % (23 personas) y un 21,2 % (22 personas), respectivamente. Por otro lado, los participantes mayores de 65 años fueron los menos representados, con solo un 2,9 % (3 personas). Asimismo, la categoría de menores de 18 años mostró una participación marginal, con solo un 1,9 % (2 personas).

En relación con el género, el 58,7 % (61 personas) de los encuestados se identificaron como femeninas, mientras que el 41,3 % (43 personas) se identificaron como masculinas. Este balance de género muestra una ligera preponderancia de participantes femeninas en la muestra.

El nivel educativo de los encuestados varió considerablemente, con un predominio de aquellos con educación superior completa, que representaron el 56,7 % de la muestra (59 personas). En contraste, un 2,9 % (3 personas) indicó haber completado solo la primaria, y un 3,8 % (4 personas) informó tener educación primaria completa. Un 14,4 % (15 personas) de los encuestados tenía educación superior incompleta, y un 15,4 % (16 personas) había completado la secundaria. Un 6,7 % (7 personas) reportó haber completado solo una parte de la educación secundaria.

En cuanto a la distribución geográfica, la mayoría de los participantes residen en el cantón de San Ramón, representando el 56,7 % (59 personas) del total de la muestra. Grecia fue el segundo cantón más representado, con un 22,1 % (23 personas). Otros cantones como Palmarejos (7,7 %), Naranjo (1,9 %), Poás (1,9 %) y Sarchí (2,9 %) tuvieron una representación menor. Cabe destacar que un pequeño porcentaje de los encuestados provino de fuera de la zona de Occidente, con un total de seis personas (5,8 %) reportando residencias en Alajuela, Pavas (San José), San Isidro, Santiago y Heredia.

En términos de situación laboral, la mayoría de los encuestados eran empleados, representando un 54,8 % (57 personas). Los estudiantes conformaron un 19,2 % (20 personas) de la muestra, seguidos por los emprendedores con un 14,4 % (15 personas). Un 7,7 % (8 personas) de los participantes indicó estar desempleado, y un 3,8 % (4 personas) se identificó como pensionado.

Respecto al uso de la aplicación EDUS, el 43,3 % (45 personas) reportó utilizar la aplicación móvil para gestionar sus citas médicas, mientras que un 37,5 % (39 personas) indicó preferir la visita presencial en los Ebais o centros de salud. Un menor porcentaje de participantes gestionó sus citas médicas por teléfono (4,8 %, 5 personas) o a través de internet (5,8 %, 6 personas). En cuanto al conocimiento de la aplicación, un alto porcentaje de encuestados (91,3 %, 95 personas) afirmó conocer la aplicación EDUS, en contraste con un 8,7 % (9 personas) que indicó no conocerla.

Sobre la frecuencia de uso de la aplicación, la mayoría de los participantes (65,4 %, 68 personas) mencionó que utiliza el sistema EDUS raramente. Un 16,3 % (17 personas) reportó usar la aplicación mensualmente, mientras que solo un 1 % (1 persona) indicó utilizarla semanal o diariamente.

Para el análisis de las funciones principales sobre las cuales los encuestados utilizan el sistema EDUS, este estudio reveló una diversidad de usos entre los participantes. La función más comúnmente empleada fue la consulta de resultados de exámenes, seleccionada por el 66,3 % de los participantes (69 personas). Le sigue la función de agendar citas médicas, utilizada por el 65,4 % (65 personas). Otros usos importantes incluyen la revisión del historial de expediente, mencionada por el 43,3 % (45 personas), y la tramitación de recetas médicas, seleccionada por el 19,2 % (20 personas). Además, un 17,3 % (18 personas) utiliza el sistema para la validación de derechos, y un

14,4 % (15 personas) lo hace para la validación de cuotas patronales. El 28,8 % (30 personas) emplea EDUS para obtener diagnósticos médicos y para consultar información sobre vacunas. La consulta de imágenes médicas y el seguimiento de cirugías fueron mencionados por un 19,2 % (20 personas) y un 10,6 % (11 personas), respectivamente.

Respecto a la facilidad de uso de la aplicación, el 40,4 % de los encuestados (42 personas) indicó que les resulta “fácil” utilizar EDUS, mientras que el 24 % (25 personas) calificó la experiencia como “ni fácil ni difícil”. Un 21,2 % (22 personas) la encontró “muy fácil”, y un 6,7 % (7 personas) consideró que es “muy difícil”. Solo un 1 % (1 persona) mencionó que le resulta “difícil”.

Al evaluar la accesibilidad de la aplicación para personas adultas mayores, el 65,4 % (68 personas) opinó que EDUS no es accesible para este grupo, mientras que el 13,5 % (14 personas) consideró que sí lo es. Un 14,4 % (15 personas) expresó no estar seguro sobre la accesibilidad.

En relación con la utilidad de la aplicación para personas con discapacidad, un 26,9 % (28 personas) evaluó a EDUS como “útil”, mientras que el 25,9 % (27 personas) respondió “no sé”. Un 22,1 % (23 personas) la calificó como “poco útil”, un 12,5 % (13 personas) la consideró “muy útil”, y un 5,8 % (6 personas) la encontró “nada útil”.

Sobre la percepción de la necesidad de incluir más servicios en la aplicación móvil EDUS, se recogieron diversas sugerencias entre los participantes. Una de las mejoras más solicitadas, mencionada en 10 ocasiones, es el acceso ampliado a resultados médicos. Los encuestados expresaron la necesidad de visualizar radiografías, tomografías computarizadas (TAC), rayos X y otros exámenes médicos. Asimismo, destacaron la importancia de disponer de resultados de exámenes para menores de edad, lo cual permite que los padres puedan acceder a la información médica de sus hijos.

Otra mejora destacada, mencionada 9 veces, se refiere a la facilidad para agendar y modificar citas. Los participantes sugirieron optimizar el sistema de agendamiento, particularmente para exámenes de laboratorio y otras especialidades, e incluir la opción de modificar citas médicas ya programadas. Además, se propuso facilitar la programación de citas para el día siguiente, en lugar de tener que esperar períodos prolongados, como 15 días.

La posibilidad de consultar un expediente médico completo fue otra sugerencia recurrente, mencionada en 6 ocasiones. Los usuarios desean poder acceder a información detallada sobre los doctores visitados, los tratamientos recibidos y otros aspectos médicos importantes. Esta opción también debería incluir la posibilidad de que los padres accedan al historial médico de sus hijos menores, como ya se mencionó anteriormente.

La implementación de un sistema de notificaciones y recordatorios también fue mencionada 6 veces. Los participantes sugirieron alertas automáticas sobre cambios en las citas y resultados de exámenes, así como recordatorios para citas médicas programadas. Además, propusieron la inclusión de un sistema de alarma para recordar las citas agendadas.

La posibilidad de consultas y comunicación directa con médicos fue señalada por 4 participantes, quienes sugirieron la incorporación de un chat en la aplicación para resolver dudas médicas, así como la opción de realizar consultas vía correo electrónico con especialistas respecto a tratamientos. Además, 24 encuestados sugirieron mejorar la accesibilidad y usabilidad de la aplicación, especialmente para adultos mayores y personas con discapacidad visual. Las propuestas incluyeron la utilización de voz, aumento del tamaño de la letra y la inclusión de un asistente virtual, para facilitar el uso de la aplicación. También propusieron hacer la aplicación más amigable e intuitiva y la creación de una guía o tutorial que les ayude a estos sectores de la población a utilizarla.

Entre otras propuestas, se mencionó la posibilidad de solicitar documentos médicos como epicrisis o dictámenes de forma remota, así como la integración de la aplicación con dispositivos móviles para controlar signos vitales. Además, algunos participantes sugirieron que la aplicación debería promover ferias de salud y campañas de prevención, así como mejorar la amabilidad y usabilidad general de la plataforma para optimizar la experiencia del usuario.

En relación con las mejoras sugeridas para facilitar el uso de la aplicación móvil EDUS, los encuestados señalaron varias áreas clave. Un tema recurrente, mencionado en 29 ocasiones, fue la gestión de contraseñas. Los participantes propusieron simplificar este proceso, sugiriendo que el cambio de contraseña no sea tan frecuente ni complicado. También se recomendó mantener la sesión iniciada para evitar ingresar la contraseña repetidamente, y la implementación de métodos de

autenticación alternativos, como el reconocimiento facial o huella digital. Además, se hizo hincapié en la necesidad de un proceso de recuperación de cuenta más sencillo, especialmente para adultos mayores, así como en evitar el bloqueo de cuentas por errores en la contraseña.

La gestión de citas médicas fue mencionada 17 veces como un área que requiere mejoras. Los participantes señalaron la necesidad de aumentar la disponibilidad de espacios para citas, facilitar la programación y evitar que el sistema genere una incidencia. También se sugirió la incorporación de notificaciones sobre citas disponibles y la posibilidad de sacar citas sin la necesidad de madrugar o programarlas solo un día antes.

La interfaz de usuario fue otro punto de interés, mencionado en 11 ocasiones. Los encuestados recomendaron crear una interfaz más sencilla e intuitiva, con la incorporación de gráficos y elementos visuales que faciliten la navegación. Además, se propuso simplificar el proceso de registro y suscripción.

Las notificaciones y alertas también fueron mencionadas por 4 participantes, quienes sugirieron mejoras en el sistema de notificaciones, particularmente en lo que respecta a citas, recetas y resultados de exámenes. Se recomendó la inclusión de alertas específicas para los resultados de laboratorio o de gabinete. Adicionalmente, los participantes sugirieron mejorar el acceso a información de salud, como imágenes médicas y otros resultados. También se propuso implementar un número telefónico para soporte, lo que facilitaría la resolución de problemas técnicos. La liberación de citas fue otra área de interés, donde los encuestados recomendaron hacer más claro el proceso y su explicación. Finalmente, se indicó la posibilidad de incorporar patrocinadores que ofrezcan beneficios, como descuentos en farmacias o clínicas, y permitir que un familiar administre la cuenta para adultos mayores, lo que facilitaría su uso para este grupo demográfico.

Al analizar las sugerencias sobre cómo la aplicación móvil EDUS podría contribuir a mejorar la salud pública en Costa Rica, se identificaron varias áreas clave de mejora. La más mencionada, con 23 referencias, fue la necesidad de mejorar la facilidad y acceso a las citas médicas. Los participantes sugirieron agilizar los procesos de agendamiento, evitando así las largas filas y la necesidad de asistir presencialmente a los centros de salud. También destacaron la importancia de aumentar la disponibilidad de citas,

permitiendo que un mayor número de personas pueda acceder a los servicios sin necesidad de madrugar para asegurar una cita.

La accesibilidad fue señalada 13 veces como un factor importante para mejorar la aplicación. Los encuestados propusieron hacer la aplicación más accesible para personas adultas mayores y con discapacidades, además de mejorar la interfaz para que sea más sencilla y comprensible para todos los usuarios. También se sugirió la implementación de herramientas para apoyar a las personas sin acceso a internet o dispositivos tecnológicos, garantizando así un uso más inclusivo de la aplicación.

En términos de optimización y eficiencia, mencionada en 10 ocasiones, los encuestados destacaron la necesidad de optimizar la aplicación para que funcione de manera más rápida y eficaz. Propusieron mejorar la organización de los procesos dentro de la aplicación y reducir el tiempo de espera para obtener respuestas y realizar trámites, lo que contribuiría a una mejor experiencia del usuario.

La prevención y las campañas de salud también fueron temas destacados, con 7 menciones. Los participantes sugirieron utilizar la aplicación para enviar alertas y notificaciones sobre campañas de vacunación y otras actividades preventivas. Además, propusieron que la aplicación se convierta en una herramienta clave para promover y recordar citas médicas y la toma de medicación, apoyando así las iniciativas de salud pública.

En relación con las estadísticas y datos de salud, 6 encuestados señalaron la importancia de recolectar y aprovechar estadísticas de enfermedades para mejorar la prevención. También se destacó la necesidad de facilitar el acceso a resultados de exámenes y otros datos de salud a través de la aplicación, lo que podría contribuir a un manejo más efectivo de la información médica por parte de los usuarios.

La capacitación y educación fueron mencionadas en 5 ocasiones. Los encuestados recomendaron ofrecer talleres de capacitación para enseñar a los usuarios cómo utilizar la aplicación, así como implementar charlas en línea para educar a la población sobre el uso del EDUS y otros temas de salud pública, fomentando así un mejor aprovechamiento de la herramienta.

Finalmente, además de las sugerencias principales, se identificaron otras recomendaciones valiosas. Algunos encuestados sugirieron mejorar la salud pública en general a través de un mejor acceso a servicios médicos y una atención más eficiente. También se mencionó la importancia de garantizar que las poblaciones vulnerables, como los adultos mayores y personas con discapacidades, tengan acceso a los servicios médicos que ofrece la aplicación. Como un punto muy relevante en nuestra actualidad, se propuso la incorporación de herramientas de innovación tecnológica, como la inteligencia artificial, para mejorar la atención médica a distancia, lo que podría ampliar aún más el impacto positivo de la aplicación en la salud pública del país.

## V. DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos en la encuesta, se revelan varias áreas clave que merecen atención y pueden servir como base para futuras mejoras en la aplicación EDUS. En primer lugar, la alta representación de personas en el rango de edad de 40 a 49 años, junto con la significativa participación de otros grupos de edad, sugiere que la aplicación tiene un alcance intergeneracional. Sin embargo, la baja representación de personas mayores de 65 años pone de manifiesto una posible brecha en la accesibilidad de la aplicación para este grupo etario. Esto es consistente con la percepción de que la aplicación EDUS no es accesible para personas mayores, lo que subraya la necesidad de adaptar la tecnología para ser más inclusiva y amigable con este sector de la población.

Otro punto de discusión relevante es el uso limitado de la aplicación a pesar del alto nivel de conocimiento sobre ella entre los encuestados. Aunque un gran porcentaje de los participantes conoce la aplicación EDUS, la frecuencia de uso es baja, con la mayoría utilizándola rara vez. Esto podría estar relacionado con la percepción de accesibilidad y la facilidad de uso de la aplicación. Si bien una parte considerable de los usuarios indica que la aplicación es fácil de usar, todavía existe un porcentaje significativo que la encuentra “ni fácil ni difícil”, lo que podría indicar que hay margen para mejorar la experiencia del usuario y hacerla más intuitiva.

La situación laboral de los encuestados también ofrece una perspectiva interesante. La mayoría son empleados, lo que podría influir en la forma en que utilizan la aplicación y en su disponibilidad para asistir a citas médicas. Los trabajadores, especialmente aquellos con horarios rígidos, podrían

beneficiarse enormemente de una aplicación más eficiente y accesible que facilite la gestión de citas sin necesidad de asistir presencialmente a los centros de salud o de tener que coordinar con otra persona para que le apoye con esta gestión en el centro de salud. La propuesta de mejorar la facilidad para agendar y modificar citas, así como la inclusión de recordatorios automáticos, son respuestas directas a estas necesidades. Aunque la disponibilidad de las citas no es un elemento exclusivo del aplicativo EDUS, la sugerencia indicada por los encuestados de aumentar su cantidad puede ser un elemento que afecte su utilización.

Por último, las sugerencias de los encuestados para mejorar la aplicación reflejan una preocupación general por la accesibilidad y la personalización del servicio. La inclusión de herramientas que faciliten el acceso a personas con discapacidades, mejoras en la gestión de contraseñas y la incorporación de más servicios médicos son aspectos que, de ser implementados, podrían aumentar la frecuencia de uso de la aplicación y también su impacto en la salud pública del país. Estas mejoras, junto con un enfoque en la educación y capacitación de los usuarios, podrían potenciar significativamente el alcance y la eficacia del EDUS, posicionándolo como una herramienta indispensable en la gestión de la salud pública en Costa Rica.

## VI. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

A partir del estudio realizado, se concluye, en primer lugar, que se deben desarrollar y aplicar mejoras en la interfaz de usuario de la aplicación EDUS, se debe hacer especial hincapié en la accesibilidad para adultos mayores y personas con discapacidades. Esto podría incluir la implementación de opciones como reconocimiento facial, voz y ajustes de tamaño de letra, así como hacer más evidente la opción de ayuda dentro de la aplicación y la creación de más tutoriales y guías interactivas para facilitar su uso. Además, es importante continuar con la expansión de las funcionalidades de la aplicación, como la inclusión de un sistema más robusto para la gestión de citas médicas, que permita una programación más flexible y eficiente. También se sugiere mejorar el acceso a los resultados de exámenes y a información médica detallada, lo que podría incrementar la utilidad percibida de la aplicación y fomentar su uso más frecuente.

Otra área de trabajo futuro es la difusión y educación sobre la aplicación en los cantones menos representados y entre grupos etarios

subrepresentados, como los mayores de 65 años. Esto podría lograrse mediante campañas de sensibilización y programas de capacitación comunitaria, así como a través de la colaboración con centros de salud locales para promover el uso de EDUS.

Finalmente, se recomienda explorar la implementación de innovaciones tecnológicas, como la inteligencia artificial, para mejorar la atención médica a distancia y optimizar la experiencia del usuario. Esto, junto con un enfoque en la recolección y análisis de datos de salud, podría no solo mejorar la funcionalidad de la aplicación, sino también contribuir significativamente a la salud pública en Costa Rica, posicionando a EDUS como una herramienta esencial en la gestión de la salud del país.

## RECONOCIMIENTOS

Se agradece a las personas participantes de este estudio, ya que su aporte fue fundamental para realizar esta investigación.

## REFERENCIAS

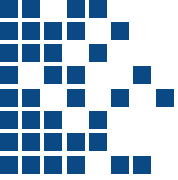
[1] Caja Costarricense del Seguro Social, Cultura organizacional, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ccss.sa.cr/cultura-organizacional>

[2] Procuraduría General de la República, Ley constitutiva de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), última versión de la norma, s.f. Sistema Costarricense de la Información Jurídica. [En línea]. Disponible en: [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=2340](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=2340)

[3] Caja Costarricense del Seguro Social, Contratación de servicios para Evaluación de Impacto de la Sociedad Civil y Otros Interesados (Orden de compra No OC0013-2017). Proyecto Expediente Digital Único en Salud (EDUS). Informe ejecutivo Ciudadanía, 2018. Cooperativa Autogestionaria de Servicios de Profesionales Multidisciplinarios SULÁ BATSÚ, R.L. [En línea]. Disponible en: <https://oecd-opsi.org/wp-content/uploads/2019/12/Resumen-ejecutivo-EDUS-SULABATSU.pdf>

[4] Caja Costarricense del Seguro Social, Acta de la Sesión No 8577 de la Junta Directiva de la CCSS del 3 de mayo del 2012, 2012. [En línea]. Disponible en: <https://www.ccss.sa.cr/arc/actas/2012/05/8577.pdf>

- [5] Poder Judicial de Costa Rica, Resolución No 06859-2012 del 23 de mayo del 2012, expediente 12-004165-0007-CO, 2012. [En línea]. Disponible en: <https://nexuspj.poder-judicial.go.cr/document/sen-1-0007-545878>
- [6] Procuraduría General de la República, Ley No 9162 Expediente Digital Único de Salud, 2013. [En línea]. Disponible en: [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=75700&nValor3=93998&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=75700&nValor3=93998&strTipM=TC)
- [7] Procuraduría General de la República, Reglamento del Expediente Digital Único en Salud del 29 de enero del 2018, 2018. [En línea]. Disponible en: [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=85915](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=85915)
- [8] United Nations Department of Economic and Social Affairs, Public Service Innovation Hub, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://publicadministration.un.org/unpsa/innovation-hub/Winners/2019-Winners/Single-Digital-Health-Record>
- [9] Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, Desarrollo Sostenible, Meta 3: Salud y bienestar, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://sdgs.un.org/es/goals/goal3>
- [10] Naciones Unidas, Nominee Information a nombre de la Caja Costarricense del Seguro Social: Implementación del Expediente Digital Único en Salud en Atención Primaria, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://publicadministration.un.org/unpsa/en/Home/Case-Details-Public?PreScreeningGUID=54471f5b-115c-4c27-bf8b-904274ab322e&ReadOnly=Yes&returnURL=http://publicadministration.un.org/unpsa/database/Home/UNPSA-Initiatives-and-the-SDGs>
- [11] Caja Costarricense del Seguro Social, Memoria Institucional 2022, p. 234, Tabla 36. Producción Total, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.ccss.sa.cr/arc/cultura-organizacion/2022.pdf>
- [12] Caja Costarricense del Seguro Social, Memoria Institucional 2021, p. 259, Tabla 48. Estadísticas de la producción global total, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.ccss.sa.cr/arc/memoria-institucional/2021.pdf>
- [13] Caja Costarricense del Seguro Social, Auditoría Interna, Acta AS-AATIC-103-2022 del 21 de junio del 2022, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.ccss.sa.cr/arc/auditoria/informes/AS-AATIC-103-2022.pdf>
- [14] L. Ochoa Chaves, O. M. Jiménez Alvarado y F. Martínez de Lemos, Expediente Digital Único en Salud (EDUS) de Costa Rica: buenas prácticas, historia e implementación, Estudios de Caso de Salud Digital, edición 06, Inter-American Development Bank (IDB), p. 53, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://publications.iadb.org/es/expediente-digital-unico-en-salud-edus-de-costa-rica-buenas-practicas-historia-e-implementacion>
- [15] D. Friedmann y V. Caredio, Implementación de la Historia Clínica Electrónica Nacional de Uruguay, Estudios de Caso de Salud Digital, Edición 02, Banco Interamericano de Desarrollo (IDB), p. 6, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.gub.uy/agencia-gobierno-electronico-sociedad-informacion-conocimiento/node/312>
- [16] H. F. Marin, J. P. S. Zinader, F. J. S. Pires y J. V. Barros, “The Brazilian digital health system: Building the digital transformation to engage country citizens”, en Roadmap to Successful Digital Health Ecosystems, A Global Perspective, Cap. 21, pp. 473-487, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128234136000033>
- [17] A. Bagolle, M. Park y M. Marti, Marco Normativo para la Salud Digital en América Latina y el Caribe: El caso de las historias clínicas electrónicas: avances y tareas pendientes, Banco Interamericano de Desarrollo, p. 14, Figura 3, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://publications.iadb.org/en/publications/spanish/viewer/Marco-normativo-para-la-salud-digital-en-America-Latina-y-el-Caribe-El-caso-de-las-historias-clinicas-electronicas-Avances-y-tareas-pendientes.pdf>
- [18] Organización Mundial de la Salud, Estrategia mundial sobre la salud digital 2020-2025 [Global strategy on digital health 2020-2025], Ginebra: OMS, 2021. [En línea]. Disponible en: [https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/344251/9789240027572-spa.pdf?sfvrsn=4b848c08\\_4](https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/344251/9789240027572-spa.pdf?sfvrsn=4b848c08_4)
- [19] L. L. Fragidis y P. D. Chatzoglou, “Development of Nationwide Electronic Health Record (NEHR): An international survey”, Health Policy and Technology, vol. 6, no. 2, pp. 124-133, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211883717300266>
- [20] L. Agustín, La historia clínica electrónica todavía no es una realidad en la Unión Europea, Universitat Oberta de Catalunya, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.uoc.edu/es/news/2022/096-historia-clinica-europa>



# PROGRAMACIÓN ASISTIDA POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA

**T. de-Camino-Beck**

*Universidad CENFOTEC, Costa Rica*  
*tdecamino@ucenfotec.ac.cr*

## RESUMEN

El desarrollo de lenguajes de programación responde a la necesidad humana de expresar instrucciones de manera precisa. Aunque los lenguajes de alto nivel han facilitado este proceso, siguen enfocándose en el “cómo” en lugar del “qué”, sin capturar directamente la intención del programador. Con los Modelos de Lenguaje Grandes (LLMs), la programación ha evolucionado hacia un enfoque basado en la intención, donde las instrucciones pueden formularse en lenguaje natural. Esto reduce la necesidad de especificaciones procedimentales detalladas y prioriza la expresión clara de objetivos.

Para aprovechar la programación asistida por inteligencia artificial (IA), es fundamental considerar: i) la formulación clara de la intención dentro del prompt, ii) la descomposición modular del problema, y iii) la implementación de pruebas rigurosas. Este ensayo explora cómo la IA generativa (IAGen) mejora la programación intencional, permitiendo que el código refleje mejor los objetivos del programador y facilitando su adopción en entornos profesionales.

## I. INTRODUCCIÓN

Los lenguajes de programación existen no porque las computadoras los requieran, sino porque resultan necesarios para especificar programas que reflejen diversas necesidades y traduzcan esas instrucciones a un nivel comprensible para las máquinas. En esencia, los programas constituyen especificaciones de objetivos a alcanzar. En los lenguajes formales, normalmente se detallan los pasos para ejecutar una tarea hasta cierto nivel, aunque el verdadero interés radica en definir el resultado esperado.

En las primeras computadoras, la especificación de una tarea estaba directamente relacionada con el funcionamiento mismo del dispositivo. Por ejemplo, la máquina diferencial de Babbage [1] requería modificaciones directas en sus engrajes, los cuales funcionaban como sumadores y multiplicadores. Uno de los grandes avances en computación, además de la aparición de la computadora digital, fue el desarrollo de métodos para programar estos dispositivos mediante lenguajes cada vez más cercanos al lenguaje natural [2, 3]. Como resultado, se pasó de los lenguajes de bajo nivel, diseñados para describir operaciones directas en la máquina, a los lenguajes de alto nivel, caracterizados por su similitud con el lenguaje natural y por abstraer operaciones a nivel de máquina.

A pesar de estos avances, incluso los lenguajes contemporáneos de alto nivel, como Python, no representan el “qué” sino el “cómo”, es decir, no

capturan la intención del programador [4], sino que establecen procedimientos para su ejecución en una computadora. Por este motivo, estos lenguajes suelen denominarse de estilo Von Neumann, ya que están diseñados para operar en arquitecturas basadas en el modelo de Von Neumann [3]. En muchos de estos lenguajes, la programación se desarrolla palabra por palabra, lo que significa que cada término de código corresponde a un conjunto de operaciones de máquina, lo que aleja la escritura del código de la intención original del programador.

Este paradigma cambió con la aparición de los Modelos de Lenguaje Grandes (LLMs), donde la programación se inicia con la especificación de la intención del usuario [5]. En este contexto, el lenguaje de programación deja de ser simplemente de alto nivel para situarse directamente en el nivel del lenguaje natural. Como se observa en el esquema de la figura 1, incluso los lenguajes de alto nivel omiten el “qué”. Así, al programar un problema, aunque se trabaja implícitamente con este concepto, la codificación ocurre a nivel del “cómo”. Con la implementación de inteligencia artificial generativa (IAGen), ahora es posible especificar un programa directamente a nivel de lenguaje natural, lo que supone un avance hacia la denominada programación intencional, un concepto desarrollado ampliamente por Charles Simonyi [6], cuyos principios pueden aplicarse a la programación asistida por inteligencia artificial generativa.

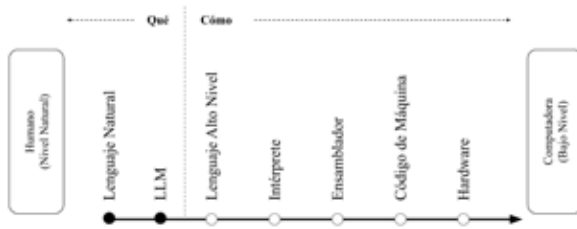


Fig. 1. Abstracciones de lenguajes de programación

La posibilidad de programar mediante lenguaje natural abre múltiples oportunidades, no solo en términos de productividad [12, 13], sino también en la generación de especificaciones más claras, donde la intención del programa puede establecerse desde el inicio. Este enfoque permite que tanto clientes como desarrolladores definan requisitos sin depender de detalles técnicos.

Está demostrado que programar no se reduce a la escritura de código, sino que implica comprender un problema, traducirlo a una forma ejecutable por la computadora y verificar la corrección del resultado [7]. En este contexto, la programación asistida por inteligencia artificial facilita la explicitación de la naturaleza del problema a través del lenguaje natural, permitiendo enfocarse en el “qué”. Para lograr un prompt efectivo, se deben considerar varios aspectos: i) manifestar claramente la intención en un prompt, ii) descomponer algorítmicamente el problema en tareas simples con entradas, salidas y restricciones bien definidas, iii) crear un sistema riguroso de prueba para cada código generado y iv) establecer rutinas de verificación. Todo esto va más allá de la simple generación de código.

En este ensayo se presentan varias ideas, de manera informal, para la generación de programas con asistencia de inteligencia artificial generativa, retomando conceptos de programación intencional y verificación de programas.

## II. HACIA UNA METODOLOGÍA DE PROGRAMACIÓN ASISTIDA

La programación asistida ha emergido como un enfoque disruptivo en el desarrollo de software, impulsado por los avances recientes en IAGen. Herramientas como GitHub Copilot, Codex, Claude, ChatGPT, DeepSeek y otras han transformado la manera en que se aborda la creación, depuración y documentación del código, permitiendo que las máquinas no solo participen como asistentes pasivos, sino que actúen como colaboradores activos.

Esta evolución representa un cambio paradigmático comparable al impacto de las primeras herramientas de programación estructurada y los entornos de desarrollo integrados (IDEs). La adopción de herramientas basadas en IAGen ha demostrado mejoras significativas en la productividad y calidad del código, lo que subraya la importancia de integrar estas tecnologías en las prácticas contemporáneas de ingeniería de software [8].

La incorporación de herramientas de inteligencia artificial en el desarrollo de software optimiza la eficiencia al delegar tareas repetitivas a modelos avanzados, lo que permite enfocar los esfuerzos en problemas creativos y en la arquitectura de sistemas. Además, estas herramientas democratizan el acceso a prácticas avanzadas y favorecen el aprendizaje de buenas metodologías mediante la explicación del código generado. Desde la aparición de los modelos transformer en los sistemas de procesamiento de lenguaje [9], la generación de código a partir de lenguaje natural ha emergido como una de las aplicaciones más relevantes y de mayor valor.

La metodología de programación asistida que se propone se fundamenta en tres conceptos interconectados: la programación intencional, la descomposición algorítmica de problemas y la verificación de programas. La programación intencional plantea un enfoque en el que las intenciones se expresan de manera explícita en lenguaje natural, mientras que la IAGen se encarga de traducirlas en implementaciones concretas, minimizando la brecha entre el diseño y la codificación. La descomposición algorítmica se basa en el desglose del problema en tareas simples, rigurosas y bien definidas, que puedan ser resueltas por la IAGen de manera comprensible y eficiente. Por su parte, la verificación de programas se ve favorecida por las capacidades de análisis estático y dinámico proporcionadas por la IAGen, lo que garantiza el cumplimiento de las especificaciones antes de la implementación. Estos tres pilares, aplicados tanto al desarrollo de nuevo código como a la depuración y documentación, conforman un marco integral que convierte la programación asistida en una actividad más eficiente, precisa y accesible.

## A. Programación intencional

La programación intencional, propuesta por Charles Simonyi [6], busca mejorar la manera en que se desarrolla y mantiene el software al centrarse en capturar las intenciones subyacentes en lugar de depender exclusivamente del código fuente. Este paradigma pretende separar la intención de la implementación específica, lo que permite que las ideas fundamentales detrás del software sean más comprensibles, reutilizables y adaptables a distintos contextos. Se considera que las intenciones poseen un carácter permanente, en el sentido de que su significado permanece inalterable a pesar de los cambios en los lenguajes de programación o los sistemas computacionales en general [6].

Un ejemplo sencillo de programación intencional podría ser la especificación de un cálculo de impuestos en un sistema financiero. En lugar de escribir código en un lenguaje de propósito general como Python o Java, la programación intencional busca capturar directamente la intención de una manera comprensible y semánticamente enriquecida. La intención se podría expresar de la siguiente manera:

### TaxCalculation:

```

ProductType: "Essential"
TaxRate: 5%
ProductType: "Luxury"
TaxRate: 15%
Rule:
  Exempt if ProductType
  = "Essential"
  AND Price < 50
    
```

Según Simonyi [6], en lugar de escribir código directamente, el desarrollador define las intenciones en un "Domain Specific Language" (DSL), en este caso, diseñado para el cálculo de impuestos. Simonyi [6] buscaba que, de alguna manera, se hiciera la traducción de este lenguaje intencional a cualquier lenguaje de programación. Así, por ejemplo, la descripción anterior se traduce al siguiente código en Python:

```

def calculate_tax(product_type, price):
    tax_rates = {
        "Essential": 0.05,
        "Luxury": 0.15
    }
    if product_type == "Essential" and price < 50:
        return 0
    else:
        return price * tax_rate
        get(product_type, 0)
    
```

Aunque el concepto no logró alcanzar adopción masiva cuando se desarrolló, en estos momentos, la IAGen sirve como ese transductor o intérprete y de manera más directa, es decir, no se requiere el diseño específico de un DSL, sino la terminología y lenguaje técnico del dominio sobre el cual se requiere una solución programada ya determina el contexto de acción a la hora de construir programas. De este modo, el prompt en ChatGPT, en lugar de un DSL que se especificó anteriormente, en lenguaje natural, sería siguiente:

### Objetivo:

**Generar un código en Python que calcule el impuesto sobre un producto según su tipo y precio.**

### Reglas de cálculo:

- Si el producto es de tipo "Essential", se aplica una tasa de impuesto del 5%.
- Si el producto es de tipo "Luxury", se aplica una tasa de impuesto del 15%.
- Si el producto es de tipo "Essential" y su precio es menor a 50, el producto está exento de impuestos.

### Instrucciones:

**Genera un código en Python que implemente estas reglas y que tome el tipo de producto y su precio como entrada. El código debe calcular el impuesto correspondiente y devolver tanto el monto del impuesto como el precio final. Asegúrate de que la lógica del cálculo sea clara y eficiente.**

Aunque el código que resulte puede variar, debido a la naturaleza de la IAGen, el resultado en términos de funcionamiento, mientras el detalle de la intención sea suficiente, es el mismo.

Podría sostenerse que, aunque la especificación en lenguaje natural resulta más extensa, ofrece una mayor claridad incluso para quienes no pertenecen al ámbito financiero, al tiempo que permite una manifestación explícita de la intención del desarrollador. Además, no exige el desarrollo de lenguajes de dominio específicos, más allá de los que ya pueden describirse dentro del contexto del prompt, empleando el vocabulario adecuado al dominio.

Con base en algunas de las ideas de Simonyi, los pasos para la definición intencional de un programa pueden estructurarse de la siguiente manera:

- 1. Definición de intenciones.
- 2. Especificar dominio del problema.
- 3. Describir operaciones, reglas o restricciones, desvinculados del lenguaje de programación.

Siguiendo esa estructura, el prompt para el ejemplo anterior se podría definir de manera más resumida de la siguiente manera,

**Intención:**

Generar un código en Python que calcule el impuesto sobre un producto según su tipo y precio.

**Dominio del problema:**

Cálculo fiscal basado en categorías de productos con diferentes tasas impositivas y una exención especial.

**Reglas:**

“Essential” 5% de impuesto.

“Luxury” 15% de impuesto.

Exención: Si “Essential” y precio < 50, impuesto = 0.

## B. Descomposición algorítmica de problemas

La descomposición algorítmica de un problema es una estrategia esencial en el desarrollo de soluciones complejas, ya que permite fragmentar un desafío global en tareas o subproblemas más simples y manejables. Este enfoque facilita la identificación de entradas, procesos y salidas para cada componente, con lo cual se asegura que cada etapa se aborde de manera sistemática y clara. Además, esta estrategia optimiza la generación de prompts para modelos de lenguaje, dado que permite abordar tareas complejas dividiéndolas en pasos independientes y verificables, lo que facilita la definición precisa de entradas, procesos y salidas en cada nivel de abstracción [14, 15].

Por ejemplo, al estructurar el prompt para el cálculo de impuestos descrito anteriormente, la solución puede dividirse en tres tareas principales: la primera se orienta a la entrada y validación de datos; la segunda, al cálculo del impuesto con base en condiciones específicas; y la tercera, a la generación de la salida y el manejo de posibles errores:

- Descomposición del problema en 3 tareas:

**Intención:**

Generar un código en Python que calcule el impuesto sobre un producto según su tipo (“Essential” o “Luxury”) y precio, aplicando una exención especial para productos “Essential” con precio menor a 50.

### Tarea 1: Entrada y Validación

**Entradas:**

- tipo: Cadena de texto que indica la categoría del producto (“Essential” o “Luxury”).
- precio: Número (float) que representa el precio del producto.

**Proceso:**

- Solicitar al usuario los valores de “tipo” y “precio”.
- Validar que el “tipo” ingresado sea exactamente “Essential” o “Luxury”.
- Verificar que el “precio” sea un número positivo.

**Salida:**

- Variables “tipo” y “precio” validadas y listas para usarse en el cálculo.

### Tarea 2: Cálculo del Impuesto

**Entradas:**

- Variables validadas: “tipo” y “precio”.

**Proceso:**

- Si el producto es de tipo “Essential”:
  - Si “precio” es menor a 50, asignar “impuesto = 0”.
  - De lo contrario, calcular “impuesto = precio \* 0.05”.
- Si el producto es de tipo “Luxury”:
  - Calcular “impuesto = precio \* 0.15”.

**Salida:**

- Variable “impuesto” que contiene el monto calculado del impuesto.

### Tarea 3: Salida y Manejo de Errores

**Entradas:**

- La variable “impuesto” resultante del cálculo, o la información de error en caso de entrada inválida.

**Proceso:**

- Imprimir el resultado del impuesto calculado de forma clara y formateada (por ejemplo, con dos decimales).
- En caso de haberse detectado errores durante la validación (por ejemplo, un “tipo” incorrecto o un “precio” no positivo), mostrar un mensaje de error descriptivo.

**Salida:**

- Mensaje en pantalla que muestre el impuesto calculado o la descripción del error encontrado.

Utilizando el prompt de la intención, junto con la descripción de tareas, se genera el siguiente código en ChatGPT:

```

def main():
try:
    # Tarea 1: Entrada y Validación
    tipo = input("Ingrese el tipo
de producto (Essential o
Luxury): ").strip()

    if tipo not in ("Essential",
"Luxury"):
        raise ValueError("Error: El tipo
ingresado debe ser exactamente
'Essential' o 'Luxury'.")

    precio_input = input("Ingrese el
precio del producto: ").strip()
    try:
        precio = float(precio_input)
    except ValueError:
        raise ValueError("Error: El
precio debe ser un número
válido.")

    if precio <= 0:
        raise ValueError("Error: El precio
debeser un número positivo.")

    # Tarea 2: Cálculo del Impuesto
    if tipo == "Essential":
        if precio < 50:
            impuesto = 0
        else:
            impuesto = precio * 0.05
    elif tipo == "Luxury":
        impuesto = precio * 0.15

    # Tarea 3: Salida
    print(f"El impuesto a pagar es:
${impuesto:.2f}")

except ValueError as error:
    print(error)

if __name__ == "__main__":
    main()

```

Esta metodología no solo favorece la claridad y la mantenibilidad del código, sino que también optimiza el proceso de depuración y permite una mayor flexibilidad para adaptar o reutilizar componentes en distintos contextos. Asimismo, la descomposición del problema en tareas y la generación de un prompt pueden ser asistidas mediante la IAGen, o que facilita la verificación de que la intención original se mantenga a lo largo del proceso.

La descomposición algorítmica de un problema sigue una metodología estructurada que comprende los siguientes pasos:

- 1. Identificación y definición precisa de las entradas y salidas, estableciendo restricciones iniciales, como la necesidad de que ciertos datos sean numéricos positivos o pertenezcan a un conjunto específico.
- 2. División en tareas o módulos más pequeños, cada uno de los cuales se encarga de un subproceso particular; en esta fase se incorporan restricciones específicas dentro de cada tarea.
- 3. Generación de la salida e implementación de mecanismos de manejo de errores, que notifican al usuario en caso de que se infrinjan restricciones o se ingresen datos incorrectos.

Este enfoque sistemático permite no una solución más clara y modular, además de que facilita el mantenimiento y la ampliación futura del código.

### C. Verificación de programas

El testing en el desarrollo de software es una práctica esencial que busca garantizar la calidad, funcionalidad y seguridad de las aplicaciones antes de su despliegue. Consiste en la ejecución de diversas pruebas para identificar y corregir errores, con lo que se asegura que el producto final cumpla con los requisitos establecidos y las expectativas de los usuarios.

La integración de la IAGen en las pruebas de software está transformando significativamente los enfoques tradicionales de aseguramiento de calidad [10, 11]. Alunas herramientas de IAGen permiten la automatización en la generación de casos de prueba, a la vez que optimizan la cobertura y se adaptan dinámicamente a cambios en los requisitos y en el código fuente. Asimismo, estas tecnologías facilitan la creación y mantenimiento de scripts de prueba, reduciendo el esfuerzo manual y mejorando la eficiencia en la detección de defectos. Además, la IAGen puede sintetizar datos de prueba realistas, lo que resulta fundamental para evaluar el comportamiento del software en escenarios diversos y complejos. Al automatizar tareas repetitivas y proporcionar análisis predictivos, estas herramientas incrementan la productividad de los equipos de prueba y contribuyen a un enfoque más estratégico, permitiendo que los especialistas en calidad de software se enfoquen en aspectos críticos como la seguridad, la usabilidad y la optimización del rendimiento.

La integración de herramientas de IA en el proceso de verificación de código se ha convertido en un aliado estratégico para garantizar la calidad y la robustez de las aplicaciones. Modelos avanzados como ChatGPT y DeepSeek ofrecen asistencia en la generación, revisión y optimización de pruebas, lo que permite a los equipos de desarrollo automatizar y mejorar sustancialmente la validación del código generado.

El enfoque adoptado en este análisis se centra en las pruebas unitarias, dado que la programación asistida por IAGen se orienta a la generación de código para resolver problemas específicos, generalmente representados por un conjunto reducido de funciones y algoritmos, en lugar del desarrollo de sistemas complejos. Sin embargo, la IAGen aplica en cualquiera de los diferentes niveles de verificación.

Las pruebas unitarias son esenciales para verificar el comportamiento de funciones o módulos individuales en aislamiento. Con la asistencia de la IAGen, es posible generar de forma automática casos de prueba que contemplen tanto escenarios típicos como casos límite. Esto no acelera el proceso de escritura de pruebas y también ayuda a identificar errores sutiles que podrían pasar desapercibidos en una revisión manual. Además, la IAGen puede ofrecer recomendaciones sobre buenas prácticas y patrones de diseño, lo que contribuye a mantener un código limpio y bien estructurado.

Para la construcción de un prompt orientado a la generación de pruebas unitarias, se recomienda considerar los siguientes aspectos:

- 1. Definir el contexto y objetivo, especificando con claridad el propósito del prompt y la función que se someterá a prueba.
- 2. Describir la función en detalle, incluyendo sus parámetros de entrada, salidas esperadas y lógica de negocio.
- 3. Especificar los escenarios de prueba, abarcando casos correctos, límites y situaciones que deben generar errores.
- 4. Seleccionar el framework de pruebas adecuado (por ejemplo, unittest o pytest) y establecer las convenciones a seguir.
- 5. Determinar la estructura y formato del código de pruebas, detallando la organización de métodos y aserciones.

- 6. Proporcionar ejemplos y detalles adicionales que clarifiquen las entradas y salidas esperadas; incluir restricciones y consideraciones finales, señalando condiciones especiales o limitaciones.
- 7. Redactar el prompt final de manera clara y concisa, integrando todos los elementos previos para orientar la generación efectiva de pruebas unitarias.

Para el caso del cálculo de impuestos, una vez generado un código funcional, se podría definir el siguiente prompt para la preparación de pruebas unitarias:

**Actúa como un generador de pruebas unitarias. Quiero que generes un script en Python utilizando el módulo unittest para probar una función llamada calculate\_tax. Esta función calcula el impuesto de un producto en base a dos parámetros: el tipo de producto y su precio.**

**La lógica de la función es la siguiente:**

- El parámetro tipo debe ser exactamente 'Essential' o 'Luxury'.
- El parámetro precio debe ser un número positivo.
- Para productos de tipo 'Essential':
  - i. Si el precio es menor a 50, el impuesto es 0.
  - ii. Si el precio es 50 o mayor, el impuesto es el 5% del precio.
- Para productos de tipo 'Luxury':
  - i. El impuesto es el 15% del precio.
- La función debe lanzar una excepción (ValueError) si el tipo no es válido o si el precio no es un número positivo.

**Genera casos de prueba que cubran:**

- Los escenarios correctos para 'Essential' (precio menor a 50 y precio igual o mayor a 50).
- Los escenarios correctos para 'Luxury'.
- Los casos en que se deben lanzar excepciones por un tipo inválido o por un precio negativo o cero.

Utilizando el prompt, la plataforma ChatGPT genera el siguiente código:

```
import unittest

# Se asume que la función calculate_tax
# se encuentra en un módulo, por ejemplo,
# tax_module.

# Desde ese módulo se importa la función.
# Si se encuentra en el mismo archivo, se
# puede omitir esta importación.
# from tax_module import calculate_tax

def calculate_tax(tipo, precio):
    """
    Función de ejemplo que implementa la
    lógica de cálculo de impuestos:
    -'Essential': si precio < 50 ->
    impuesto 0, si precio >= 50 -> 5%
    del precio.
    -'Luxury': 15% del precio. Lanza
    ValueError si el tipo no es
    'Essential' o 'Luxury' o si el
    precio no es positivo.
    """
    if tipo not in ("Essential",
                    "Luxury"):
        raise ValueError("Error: El tipo
        ingresado debe ser exactamente
        'Essential' o 'Luxury'.")
    if not isinstance(precio, (int, float))
    or precio <= 0:
        raise ValueError("Error: El precio
        debe ser un número positivo.")

    if tipo == "Essential":
        if precio < 50:
            return 0
        else:
            return precio * 0.05
    elif tipo == "Luxury":
        return precio * 0.15

class TestCalculateTax(unittest.TestCase):
    def test_essential_below_50(self):
        """Para productos Essential con
        precio menor a 50, el impuesto
        debe ser 0."""

        self.assertEqual(calculate
        tax("Essential", 30), 0)
        self.assertEqual(calculate
        tax("Essential", 49.99), 0)

    def test_essential_at_least_50(self):
        """Para productos Essential con
        precio igual o mayor a 50, el
        impuesto debe ser el 5% del
        precio."""
```

```
self.assertAlmostEqual(calculate
tax("Essential", 50), 50 * 0.05)
self.assertAlmostEqual(calculate_
tax("Essential", 100), 100 * 0.05)
self.assertAlmostEqual(calculate_
tax("Essential", 75.5), 75.5 * 0.05)
```

```
def test_luxury(self):
    """Para productos Luxury, el
    impuesto debe ser el 15% del
    precio."""
```

```
self.assertAlmostEqual(calculate_
tax("Luxury", 200), 200 * 0.15)
self.assertAlmostEqual(calculate_
tax("Luxury", 100), 100 * 0.15)
self.assertAlmostEqual(calculate_
tax("Luxury", 49.99), 49.99 * 0.15)
```

```
def test_invalid_type(self):
    """Se debe lanzar ValueError si
    el tipo de producto no es
    'Essential' o 'Luxury'."""
```

```
with self.assertRaises(ValueError):
    calculate_tax("Basic", 50)
with self.assertRaises(ValueError):
    calculate_tax("", 50)
with self.assertRaises(ValueError):
    calculate_tax("essential", 50)
# Verifica sensibilidad a mayúsculas
```

```
def test_non_positive_price(self):
    """Se debe lanzar ValueError si
    el precio es cero o negativo."""
```

```
with self.assertRaises(ValueError):
    calculate_tax("Essential", 0)
with self.assertRaises(ValueError):
    calculate_tax("Luxury", -10)
with self.assertRaises(ValueError):
    calculate_tax("Essential", -0.01)
```

```
if __name__ == '__main__':
    unittest.main()
```

De la misma manera, es posible generar otros tipos de prueba e, incluso, la construcción de un autómata de estado finito para estudiar el comportamiento del código.

### III. CONCLUSIONES

El enfoque asistido en la construcción de código mediante IAGen se basa en la manifestación en lenguaje natural de las intenciones del desarrollador. Este proceso no es directo, sino iterativo. Una representación de esta dinámica, propuesta en [16], se muestra en la figura 2.

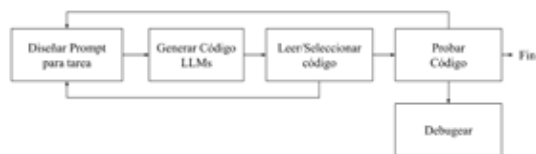


Fig. 2. Flujo de trabajo de programación asistida (modificado de [16])

En cada etapa del desarrollo, desde la manifestación de la intención hasta la validación del código mediante pruebas, se requiere la lectura y verificación del código, con posibles ajustes menores hasta asegurar que se cumpla con los requerimientos.

Los pasos generales expuestos son los siguientes:

- 1. Manifestar la intención en el contexto del prompt.
- 2. Descomponer el problema en tareas simples con entradas y salidas definidas.
- 3. Generar rutinas de prueba.

Uno de los principales desafíos radica en la alineación entre la intención del desarrollador y las instrucciones codificadas en el lenguaje de programación, lo que va más allá de la simple validación formal del código. Mientras que la corrección sintáctica y lógica del código generado puede verificarse mediante procedimientos estructurados, garantizar que el resultado refleja fielmente la intención original del usuario representa una dificultad adicional.

La elaboración de un prompt en lenguaje natural puede demandar más tiempo que la escritura directa del código; sin embargo, permite una descripción que incorpora detalles contextuales y explicativos ausentes en el código en sí. De esta manera, el prompt aporta información complementaria valiosa, facilitando la comprensión y la construcción del sistema. Esto demuestra que no se trata simplemente de una traducción directa, sino de un proceso que enriquece la comunicación entre el usuario y la herramienta de desarrollo.

Uno de los retos no solo consiste en mejorar la claridad de la especificación de programas para la generación de código, sino también en garantizar que el resultado final sea comprensible para el usuario, estructurándose en una serie de pasos claros e interpretables. Entre los beneficios de este enfoque se destacan.

- Reducción de errores humanos al eliminar pruebas manuales repetitivas.
- Ejecución rápida y frecuente, permitiendo iteraciones ágiles en el desarrollo.
- Mejor documentación de los requisitos a través de scripts de prueba reutilizables.
- Mayor confianza en los lanzamientos, ya que los cambios se validan automáticamente.

A pesar de que la programación asistida facilita la construcción de código, para poder utilizarla de forma efectiva, sigue siendo necesaria una comprensión profunda de la teoría de lenguajes de programación, así como nociones detalladas de sintaxis y semántica de los lenguajes de programación. Es decir, el buen uso de IAGen consiste en ser simplemente un asistente, mientras que el director de producción y verificación es el o la programadora. Tampoco debe confundirse el hecho de que escribir código es una actividad intelectual valiosa, distinta de la construcción de código para la industria.

La programación asistida puede ser útil para construir prototipos de código de manera rápida y, posteriormente, a través de la misma IAGen, generar la documentación y especificación necesarias para desarrollar proyectos más complejos y estructurados de forma más cuidadosa.

## REFERENCIAS

- [1] C. Babbage, *On the Economy of Machinery and Manufactures*, 4.<sup>a</sup> ed., Londres, Reino Unido: Charles Knight, 1835.
- [2] K. Czarnecki y U. Eisenecker, *Generative Programming: Methods, Tools, and Applications*, Boston, MA: Addison-Wesley, 2000.
- [3] J. Backus, “¿Puede la programación liberarse del estilo von Neumann? Un estilo funcional y su álgebra de programas,” *Communications of the ACM*, vol. 21, n.º 8, pp. 613-641, ago. 1978.
- [4] Y. H. Yang et al., “Soporte de lenguaje para adaptación: Programación basada en intención en FAST,” *arXiv preprint*, arXiv:1907.08695, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://arxiv.org/pdf/1907.08695>. [Accedido: 28 de febrero de 2025].
- [5] A. Radford et al., “Reconocimiento de voz robusto mediante supervisión débil a gran escala,” *arXiv preprint*, arXiv:2212.04356, 2022.

[6] C. Simonyi, "Programación intencional: Innovación en la era del legado," ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, vol. 22, n.º 6, pp. 25-30, nov. 1997.

[7] E. W. Dijkstra, A Discipline of Programming, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1976.

[8] T. Ahmad, S. Lee y J. K. Park, "IA generativa en el desarrollo de software: Oportunidades y desafíos," Journal of Systems and Software, vol. 195, p. 111022, mar. 2023. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2023.111022>. [Accedido: 28 de febrero de 2025].

[9] A. Vaswani, N. Shazeer, N. Parmar, J. Uszkoreit, L. Jones, A. N. Gomez, Ł. Kaiser y I. Polosukhin, "La atención es todo lo que necesitas," Advances in Neural Information Processing Systems, vol. 30, pp. 5998-6008, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.03762>. [Accedido: 28 de febrero de 2025].

[10] A. Aleti, "Pruebas de software en sistemas de IA generativa: Desafíos y oportunidades," arXiv preprint, arXiv:2309.03554, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2309.03554>. [Accedido: 28 de febrero de 2025].

[11] M. Mock, J. Melegati y B. Russo, "IA generativa para desarrollo dirigido por pruebas: Resultados preliminares," arXiv preprint, arXiv:2405.10849, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2405.10849>. [Accedido: 28 de febrero de 2025].

[12] M. Coutinho, L. Marques, A. Santos, M. Dahia, C. Franca y R. de Souza Santos, "El papel de la IA generativa en la productividad del desarrollo de software: Un estudio piloto," arXiv preprint, arXiv:2406.00560, jun. 2024. [En línea]. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2406.00560>. [Accedido: 28 de febrero de 2025].

[13] R. Ulfesnes, N. B. Moe, V. Stray y M. Skarpen, "Transformando el desarrollo de software con IA generativa: Perspectivas empíricas sobre la colaboración y el flujo de trabajo," arXiv preprint, arXiv:2405.01543, feb. 2024. [En línea]. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2405.01543>. [Accedido: 28 de febrero de 2025].

[14] X. Li, R. Wang, M. Cheng, T. Zhou y C.-J. Hsieh, "DrAttack: Descomposición y reconstrucción de indicaciones para crear poderosos jailbreakers de LLM," arXiv preprint, arXiv:2402.16914, feb. 2024.

[15] G. Juneja, N. Natarajan, H. Li, J. Jiao y A. Sharma, "Aprendizaje de facetas de tareas: Un enfoque estructurado para la optimización de indicaciones," arXiv preprint, arXiv:2406.10504, jun. 2024.

[16] D. Zingaro y L. Porter, Learn AI-Assisted Python Programming, 2.ª ed., Shelter Island, NY: Manning Publications, 2024.



**¿DESEA FORMAR PARTE DE LOS INSTRUCTORES DEL CPIC?**

Comuníquese al correo electrónico: [educacion.continua@cpic.or.cr](mailto:educacion.continua@cpic.or.cr) o al WhatsApp: **6436-1384**



# TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE LAS LICITACIONES DEL ESTADO CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL

**Ing. Kevin Fernandez**

*QA mid & Black belt six sigma, Cartago, Costa Rica*  
*Kevin.fernandeze@cpic.cr*

## I. RESUMEN

Este artículo explora el concepto de licitaciones de cartel, los plazos de entrega, los montos económicos involucrados en el desarrollo de aplicaciones por parte de instituciones públicas en Costa Rica y cómo la programación con inteligencia artificial puede optimizar estos procesos para mejorar la eficiencia, reducir costos y minimizar errores humanos. Además, se analiza el ahorro potencial en tiempo y dinero, y se presenta un ejemplo de comando de texto para generar código basado en requisitos especificados.

## II. INTRODUCCIÓN

Las licitaciones del estado son un proceso clave para la adquisición de bienes y servicios por parte de instituciones gubernamentales. Tradicionalmente, este proceso ha sido complejo, burocrático y propenso a errores. La implementación de inteligencia artificial (IA) en este ámbito representa una oportunidad para automatizar tareas repetitivas, mejorar la transparencia y optimizar el uso de recursos públicos. En este artículo se analizará cómo la IA puede revolucionar las licitaciones estatales y los beneficios asociados a su aplicación.

## III. ¿QUÉ ES UNA LICITACIÓN DE CARTEL?

Una licitación de cartel es un procedimiento mediante el cual las instituciones gubernamentales publican sus necesidades de adquisición de bienes o servicios, invitando a proveedores a presentar sus propuestas. Este proceso busca garantizar la transparencia, competencia y eficiencia en el uso de fondos públicos.

## IV. TIEMPO PARA PONER UN CARTEL AL PÚBLICO

En Costa Rica, el tiempo para entregar un cartel de licitación varía según la complejidad del proyecto. Generalmente, los plazos pueden oscilar entre 15 y 90 días, dependiendo de los requisitos técnicos y legales que deban ser cumplidos.

## V. COSTO DE LAS LICITACIONES

Según datos recientes, las instituciones públicas de Costa Rica han invertido aproximadamente entre \$10 y \$50 millones anuales en el desarrollo de aplicaciones informáticas, lo cual abarca proyectos de modernización de sistemas, portales ciudadanos y plataformas de gestión.

## VI. ¿QUÉ ES PROGRAMACIÓN CON IA?

La programación con IA implica el uso de algoritmos avanzados capaces de analizar datos, aprender patrones y tomar decisiones automáticas. Algunas de las técnicas más utilizadas incluyen el aprendizaje automático, el procesamiento de lenguaje natural y la automatización inteligente de procesos.

## VII. EJEMPLO PRÁCTICO CON IA

Un ejemplo de comando de texto utilizando IA podría ser el siguiente:

```
“Como experto en desarrollo de software, ciberseguridad y administración de bases de datos genere un API REST en Python con autenticación JWT y conexión a base de datos PostgreSQL”.
```

Otro ejemplo de comando de texto puede ser

**“Como experto en desarrollo web elabore una página informativa para el sector ‘deportivo/eléctrico/comercial’ en los lenguajes de ‘html’, ‘css’, ‘js’, que sea responsiva, que cuente con las secciones de sobre nosotros, formulario de contacto, preguntas frecuentes, links de redes sociales, sección de galería de fotos, sección de servicios, formulario de registro de usuario con conexión a base de datos SQL, asegúrese de que implemente cada sección la funcionalidad de accesibilidad web para personas con dificultad de visión, debe contemplar experiencia al usuario para que sea fácil de navegar, agradable y con código limpio. Asegúrese de brindar las instrucciones de herramientas para crear los archivos, su formato y su configuración paso a paso”.**

## VIII. HERRAMIENTAS DE IA

Algunas herramientas gratuitas que permiten el desarrollo de software con IA incluyen:

- 1. Blackbox AI: Permite autocompletar código y generar soluciones a partir de descripciones en lenguaje natural.
- 2. Apphive.io: Plataforma de desarrollo sin código que permite crear aplicaciones móviles utilizando IA.
- 3. GitHub Copilot (versión de prueba gratuita): Proporciona sugerencias inteligentes de código basado en el contexto del proyecto.
- 4. DeepCode: Analiza el código en busca de errores y proporciona recomendaciones de mejora basadas en IA.
- 5. Tabnine: Un asistente de código basado en IA que sugiere fragmentos de código

## IX. CONCLUSIÓN

La transformación digital de las licitaciones del estado mediante la IA representa una oportunidad significativa para mejorar la eficiencia y reducir costos en los procesos públicos. La automatización inteligente permite optimizar tiempos de entrega, minimizar errores y aprovechar mejor los recursos económicos. La programación con IA no solo agiliza el desarrollo de soluciones, sino que también permite generar código de manera rápida y precisa, lo que potencia la modernización del sector público.

La implementación de IA en el desarrollo de soluciones de software puede reducir hasta un 40% del tiempo de ejecución de los proyectos y disminuir los costos operativos en un 30%, al automatizar tareas repetitivas y mejorar la calidad del producto final.

Para el país que implemente IA en cada etapa de solicitar al público el desarrollo de una solución digital o la mejora de una significa un ahorro anual de miles de millones de dólares, debido a que los contratos serán con especialistas para darles los ajustes que la herramienta y colaboradores no hayan podido por su alcance.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Ministerio de Hacienda de Costa Rica, Informe de contrataciones con criterios de compra pública estratégica al 1 semestre del 2023, diciembre 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.hacienda.go.cr/docs/InformeCPEConcriteriossosteniblesI Semestre2023.pdf>

[2] McKinsey & Company, The economic potential of generative AI: The next productivity frontier, junio 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-economic-potential-of-generative-ai-the-next-productivity-frontier#key-insights>

[3] N. A. Sava, Artificial Intelligence and Public Procurement – Deciphering the Interdisciplinary Perspectives of the Literature, julio 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.erdalreview.eu/free-download/97912218126648.pdf>

[4] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Retos y oportunidades del software libre en la administración pública en Costa Rica, 2013. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.una.ac.cr/server/api/core/bitstreams/0de31d94-427e-4465-bf59-f5601772f33c/content>

[5] [Contraloría General de la República, Transformación hacia una mayor eficiencia de las compras públicas electrónicas: beneficios y ahorros de la unificación, diciembre 2019. [En línea]. Disponible en: [https://cgrfiles.cgr.go.cr/publico/docs\\_cgr/2020/SIGYD\\_D\\_2020002010.pdf](https://cgrfiles.cgr.go.cr/publico/docs_cgr/2020/SIGYD_D_2020002010.pdf)

[6] Revista Summa, Costa Rica invierte en investigación y desarrollo, diciembre 2022. [En línea]. Disponible en: <https://revistasumma.com/costa-rica-invierte-en-investigacion-y-desarrollo/>

[7] Ministerio de Hacienda de Costa Rica, Presupuesto ordinario y extraordinario de la república para el ejercicio económico 2025, 2025. [En línea]. Disponible en: [https://www.hacienda.go.cr/docs/218\\_Proy2025\\_Coment.pdf](https://www.hacienda.go.cr/docs/218_Proy2025_Coment.pdf)

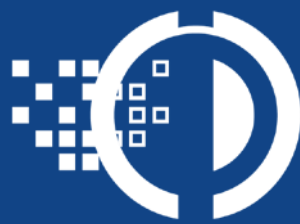
[8] Presidencia de la República de Costa Rica, Inversión de IFAM en soluciones tecnológicas, enero 2022. [En línea]. Disponible en: <https://presidencia.gobiernocarlosalvarado.cr/comunicados/2022/01/inversion-de-ifam-en-soluciones-tecnologicas-para-mas-de-50-municipalidades-asciende-a-15-millones/>

[9] [Municipalidad de San José, Estados financieros, s.f. [En línea]. Disponible en: [https://www.msj.go.cr/docu/Paginas/estados\\_financieros.aspx](https://www.msj.go.cr/docu/Paginas/estados_financieros.aspx)

[10] Municipalidad de Cartago, Histórico de presupuesto aprobado y ejecutado, s.f. [En línea]. Disponible en: <https://www.muni-carta.go.cr/historico-de-presupuesto-aprobado-y-ejecutado/>







**CPIC**

COLEGIO DE PROFESIONALES EN  
INFORMÁTICA Y COMPUTACIÓN