

DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA CASE BASADA EN CMMI E INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA EVALUACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE EN AMBIENTES EDUCATIVOS

*DEVELOPMENT OF A CASE TOOL BASED ON CMMI AND
ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR SOFTWARE REQUIREMENTS
EVALUATION IN EDUCATIONAL ENVIRONMENTS*

Angel Gerardo Lozano Vázquez

Tecnológico Nacional de México / ITS de Irapuato, México
angel.lv@irapuato.tecnm.mx

Juan Carlos Rodríguez Campos

Tecnológico Nacional de México / ITS de Irapuato, México
juan.rc@irapuato.tecnm.mx

Rodrigo Villegas Téllez

Tecnológico Nacional de México / ITS de Irapuato, México
rodrigo.vt@irapuato.tecnm.mx

Recepción: 12/septiembre/2025

Aceptación: 5/diciembre/2025

Resumen

La fase inicial de un proyecto de software es la más importante, pues en ella se definen las necesidades del cliente y los criterios que debe cumplir el producto final. Sin embargo, una problemática recurrente es que los requerimientos no siempre se definen con precisión, lo que provoca que el desarrollo se oriente hacia objetivos incorrectos, generando productos que no satisfacen al cliente o actividades innecesarias, comprometiendo así el cumplimiento del proyecto. En este contexto, resulta fundamental identificar correctamente a los actores que participan en la recolección de información, es decir, aquellas personas que deben ser entrevistadas para conocer de primera mano las necesidades y expectativas del cliente. Asimismo, es necesario establecer mecanismos adecuados para el levantamiento de información y reconocer que esta etapa constituye la pieza clave del análisis, de cuyo éxito depende en gran medida la correcta conclusión del proyecto. Con el objetivo de atender esta problemática, se desarrolló una herramienta de software

orientada a la fase de Definición de Requerimientos. Dicha herramienta, basada en el modelo de calidad CMMI y apoyada en Inteligencia Artificial, busca apoyar a los futuros desarrolladores en la construcción de una base sólida para sus proyectos, mejorando la precisión en la especificación de requerimientos e incrementando las probabilidades de éxito en el desarrollo de software.

Palabras Clave: Inteligencia Artificial, CMMI, Requerimiento de software.

Abstract

The initial phase of a software project is the most critical, as it defines the client's needs and the criteria that the final product must meet. However, a recurring issue is that requirements are not always precisely defined, which may lead the development process toward incorrect objectives, resulting in products that fail to meet client expectations or include unnecessary activities, ultimately jeopardizing the success of the project. In this context, it is essential to correctly identify the stakeholders involved in the information-gathering process, specifically those who must be interviewed to directly capture the client's needs and expectations. Likewise, appropriate mechanisms for information collection must be established, and this stage should be recognized as the cornerstone of the analysis, upon which the satisfactory completion of the project largely depends. To address this problem, a software tool was developed specifically for the Requirements Definition phase. This tool, based on the CMMI quality model and supported by Artificial Intelligence, aims to assist future developers in building a solid foundation for their projects, improving the accuracy of requirements specification, and ultimately increasing the likelihood of success in software development.

Keywords: Artificial Intelligence, CMMI, Software Requirements.

1. Introducción

El uso de herramientas CASE (Computer Aided Software Engineering) ha sido ampliamente estudiado para apoyar las diferentes fases del desarrollo de software. Autores como Pressman y Sommerville destacan que las herramientas CASE pueden mejorar la calidad y eficiencia en la documentación. Por otro lado, la

inteligencia artificial (IA) en herramientas CASE ha tomado relevancia en los últimos años, buscando mejorar y disminuir el tiempo utilizado para análisis complejos, particularmente la definición de requerimientos. Arenas Seleey, et all. [2022], indican que la literatura reciente confirma una clara tendencia en la industria y la academia hacia el uso de Inteligencia Artificial (IA) para solventar los desafíos históricos de la Ingeniería de Requerimientos, considerada una de las fases más críticas y propensas a errores del ciclo de vida del software. Por ejemplo, la investigación de Jiménez, et all. [2021], tuvo como objetivo modelar la elicitación de requerimientos utilizando técnicas formales e IA para proyectos de software del Centro CEDRUM del SENA. De este proyecto se obtuvo como resultado la definición de requerimientos de software definitivos con la implementación del modelo apoyando en la reducción de términos vagos o difusos presentados por los Stakeholders. Mientras que Yuan, Rebeca, et all. [2019], realizaron un trabajo que busca analizar y definir cómo el uso de Modelos Ontológicos logra mejorar la etapa de deducción de requerimientos del software, colaborando con las distintas normas de calidad que las empresas establecen; garantizando que en la etapa de testeo los errores conceptuales disminuyan.

Aunque el desarrollo de software sin calidad traerá consigo un problema mayor, por lo tanto, debemos definir siempre un estándar para mantener la calidad del mismo. Como lo define Gómez Cardona, et all. [2012] en su investigación “La calidad del software es muy importante para las organizaciones hoy en día, porque este es un reflejo y una carta de presentación ante sus clientes, existen algunas iniciativas del sector público y privado que impulsan campañas para que las organizaciones puedan lograr certificaciones de calidad. Una de estas iniciativas es el programa lanzado por el SENA y Proexport llamado implementación y evaluación formal de CMMI, que busca la adopción de modelos de producción con estándares internacionales de calidad”. Basándonos en la idea anterior, podemos trabajar con CMMI que es un modelo de mejora de procesos para el desarrollo de software que provee buenas prácticas para elevar la calidad y madurez organizacional; garantizando que la evaluación de requerimientos se realice bajo un proceso estandarizado y de buenas prácticas, impactando de forma directa en la calidad de

los requerimientos. Ramos Baquerizo, Josue Paul et al. [2024], investigaron el impacto de la inteligencia artificial generativa (IA generativa) en el proceso de aprendizaje del levantamiento de requerimientos en ingeniería de software. Se llevó a cabo un experimento con tres grupos de estudiantes: dos de los cuales utilizaron herramientas de IA generativa para completar sus evaluaciones y un tercer grupo que realizó la misma tarea sin asistencia tecnológica. Los resultados revelaron que los estudiantes que emplearon IA generativa reportaron una mayor comprensión de los conceptos de elicitación, especificación y validación de requerimientos, así como una mayor confianza en la aplicación práctica de estos conocimientos. Además, la evaluación de los docentes destacó que los casos de estudio que incluyeron IA generativa fueron más claros, coherentes y alineados con los objetivos de aprendizaje. Sin embargo, el estudio también subraya la necesidad de un enfoque personalizado en la implementación de esta tecnología, ya que su efectividad puede variar según las diferencias individuales en el estilo de aprendizaje y la familiaridad con la tecnología. Estos hallazgos sugieren que la IA generativa tiene el potencial de mejorar significativamente la educación en ingeniería de software, aunque su integración debe ser cuidadosamente considerada para maximizar sus beneficios. Flores et al. [2024], a pesar de los avances, la literatura advierte que la aplicación práctica de la IA en entornos de desarrollo (como la generación de código o pruebas) todavía necesita ser complementada con la supervisión y revisión humana para garantizar la calidad y funcionalidad óptima. Esto refuerza la idea de que la herramienta con IA debe ser un soporte y no un sustituto del proceso cognitivo de definición de requerimientos por parte del estudiante

Sanguino-Reyes, M. R.; Cuesta-Quintero, B. et al. [2022], a medida que el software permea todos los ámbitos de la sociedad, se hace imprescindible la entrega de productos de calidad que satisfagan las demandas de las partes interesadas y es así, como la industria del software siempre tiene como reto mejorar sus actividades de desarrollo. La inteligencia artificial se ha utilizado con éxito en las actividades del desarrollo de software; identificar su potencial para mejorar la productividad en los equipos de desarrollo de software en la ingeniería de requerimientos, define el objeto de estudio.

La investigación utilizó el mapeo sistemático para identificar el aporte de la inteligencia artificial en las prácticas de ingeniería de requerimientos entre 2010 y 2021. La ejecución de la metodología permitió dar respuesta a las preguntas de investigación a partir de veintidós estudios que fueron seleccionados basados en la definición de los criterios de inclusión y exclusión. Los resultados revelaron que, la relación entre la Inteligencia Artificial y la Ingeniería del Software se da de forma complementaria para permitir su aplicación en la automatización de actividades de desarrollo. La tendencia al uso de técnicas de inteligencia artificial sugiere caminos para mejorar los tiempos de entrega y calidad de los productos software.

Problemática particular

Una situación recurrente en el ámbito académico es el escaso esfuerzo que los estudiantes destinan a la definición de los requerimientos en un proyecto de software. La necesidad de percibir un avance los lleva a centrarse de manera prematura en la escritura de líneas de código, dejando de lado el proceso de levantamiento de requerimientos.

A pesar de que los docentes enfatizamos la importancia crítica de esta fase, los estudiantes suelen percibirla como una pérdida de tiempo al no observar resultados inmediatos en forma de producto funcional. Ante esta problemática, no hemos dado a la tarea del desarrollo de una herramienta CASE orientada a apoyar la definición de requerimientos en las etapas iniciales de un proyecto de software. La propuesta se fundamenta en el modelo de calidad CMMI y establece tres criterios básicos para la validación de los requerimientos:

- Los requerimientos deben ser congruentes entre sí.
- El requerimiento es factible tecnológicamente.
- El requerimiento es relevante al sistema, es decir contribuye a cumplir el objetivo del software.

Con base en estos criterios, se construyó una herramienta CASE con integración de inteligencia artificial, capaz de proporcionar retroalimentación automática a los estudiantes sobre la calidad de sus requerimientos. Esta retroalimentación no solo

señala posibles inconsistencias o debilidades en la redacción, sino que también sugiere caminos de mejora, fomentando la adquisición de buenas prácticas en la especificación de requerimientos desde las primeras etapas del desarrollo de software.

2. Métodos

Las herramientas CASE son aplicaciones informáticas que apoyan las actividades de análisis, diseño, desarrollo y mantenimiento de software. Estas herramientas ayudan a aumentar la productividad, mejorar la calidad y facilitar la comunicación entre los miembros del equipo de desarrollo [Pressman, 2014].

El desarrollo del proyecto se estructuró en cuatro etapas principales, con el objetivo de obtener una herramienta CASE que apoye a los estudiantes de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Ingeniería en Informática en la definición de requerimientos funcionales dentro de proyectos de software.

Etapa 1. Definición de criterios de evaluación

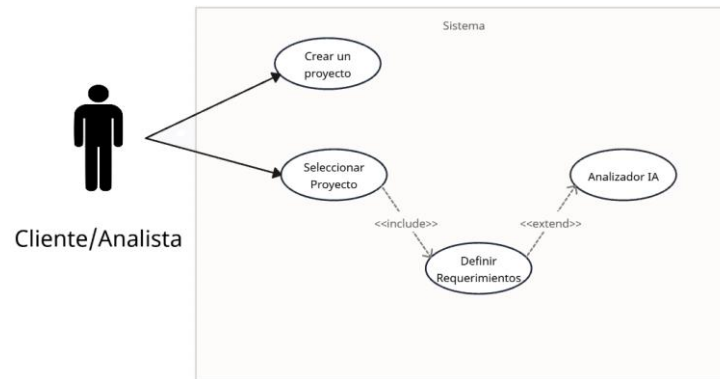
El primer paso consistió en la identificación de los criterios para la evaluación de requerimientos, tomando como referencia el área de proceso Administración de Requerimientos del modelo CMMI, con base en la implementación realizada en el Instituto Tecnológico Nacional de México, campus Irapuato. De esta forma, se definieron tres criterios esenciales:

- **Consistencia:** el requerimiento debe ser congruente con los demás y no generar conflictos dentro del sistema.
- **Factibilidad tecnológica:** el requerimiento debe poder implementarse con los recursos tecnológicos disponibles.
- **Relevancia:** el requerimiento debe aportar al cumplimiento de los objetivos del sistema; su ausencia comprometería el alcance de las metas.

Etapa 2. Integración de inteligencia artificial

Una vez establecidos los criterios, se diseñó un proceso que va desde el registro del proyecto hasta la evaluación de los requerimientos. En esta fase, se incorporó

la Inteligencia Artificial (IA) como un elemento clave para brindar retroalimentación automática a los estudiantes. La IA analiza la redacción de cada requerimiento y proporciona observaciones sobre posibles inconsistencias, debilidades en su formulación y sugerencias de mejora. Esto garantiza que los requerimientos se ajusten a los criterios de calidad definidos (Figura 1).



Fuente: elaboración propia.

Figura 1 Diagrama de casos de uso.

Etapa 3. Desarrollo de la herramienta bajo arquitectura MVC

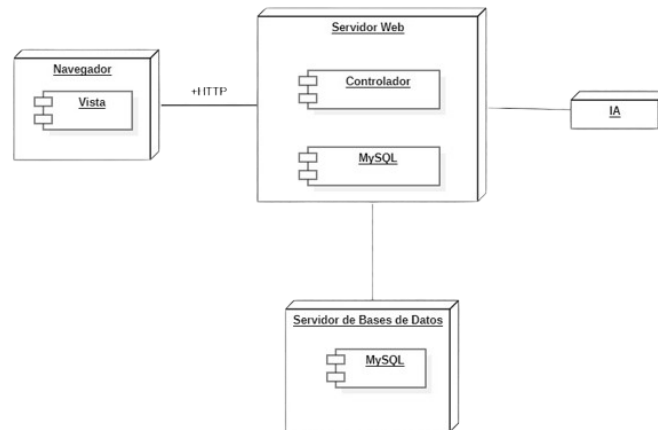
Para asegurar la estabilidad y accesibilidad de la aplicación, se optó por el desarrollo de una plataforma web basada en la arquitectura Modelo-Vista-Controlador (MVC). Esta elección permitió separar la lógica del negocio, la interfaz y la gestión de datos, lo que facilita su mantenimiento y escalabilidad. Asimismo, la interfaz fue diseñada para ser intuitiva y amigable, de modo que los estudiantes pudieran interactuar con la herramienta de forma sencilla a través de la red institucional (Figura 2).

Etapa 4. Implementación tecnológica

Finalmente, se seleccionaron las tecnologías más adecuadas para el desarrollo de la aplicación, garantizando funcionalidad, compatibilidad y acceso libre:

- Bootstrap, el cual se distribuye bajo una licencia MIT y permite el desarrollo de aplicaciones web responsivas.
- JQuery, el cual se distribuye bajo una licencia MIT y se utiliza para dar la funcionalidad pertinente al FrontEnd.

- PHP, lenguaje de programación utilizado para el desarrollo del BackEnd.
- MySQL, bajo un licenciamiento GNU y la utilizamos para la administración de los datos generados por la aplicación.
- Gemini, versión gratuita de la inteligencia artificial proporcionada por Google.



Fuente: elaboración propia.

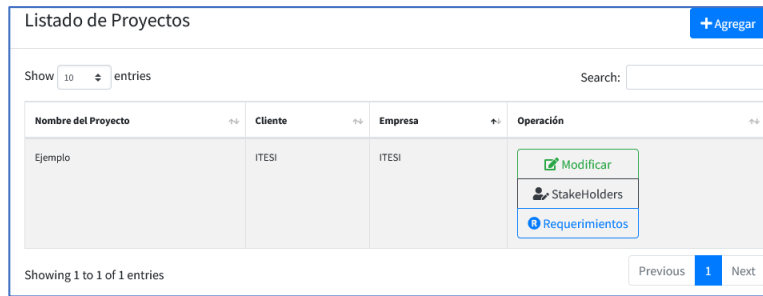
Figura 2 Diagrama de despliegue.

3. Resultados

Interfaz intuitiva y accesibilidad

La aplicación cuenta con un menú inicial que facilita la navegación entre las secciones de captura de información, definición de requerimientos y evaluación individual o global. Los botones claramente identificados permiten al estudiante acceder de forma sencilla a cada funcionalidad, garantizando una experiencia de usuario fluida y amigable.

Los resultados muestran que la herramienta CASE desarrollada no solo facilita la definición y evaluación de requerimientos, sino que también integra la IA como un recurso pedagógico clave, ofreciendo retroalimentación práctica y en tiempo real, fomentando buenas prácticas en ingeniería de software y optimizando el tiempo de trabajo de los estudiantes. El sistema desarrollado permite la evaluación de los requerimientos de un proyecto de software, integrando Inteligencia Artificial (IA) para ofrecer retroalimentación inmediata a los estudiantes sobre la calidad de cada requerimiento definido. Su funcionamiento sigue un flujo estructurado que garantiza eficiencia y claridad en el proceso de evaluación (Figura 3).



Fuente: elaboración propia.

Figura 3 Pantalla de captura de información adicional del proyecto.

Definición del contexto del proyecto

Para que la IA proporcione retroalimentación precisa, primero se introduce información general del proyecto, lo que establece un contexto que guía la interpretación de los requerimientos (Figura 4).

Problemática

Se observa que los estudiantes de la Universidad, particularmente de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales, tienen dificultad para redactar los requerimientos de un software, dando como resultado problemas en los productos de software que realizan. Debido a que no satisfacen las necesidades del problema que genera esta solución.

Justificación

Una herramienta CASE que permita apoyar a los estudiantes durante la revisión de los requerimientos de acuerdo a criterios de aprobación permitirá que los requerimientos se redacten de acuerdo a la problemática en cuestión, y por ende el producto de software satisfaga en mayor medida la problemática atacada.

Alcance

El presente proyecto solo apoyará en la fase inicial de un proyecto de software, dentro de la definición de requerimientos. Con el objetivo de obtener requerimientos funcionales acordes a la problemática atacada.

Fuente: elaboración propia.

Figura 4 Pantalla de captura de información adicional del proyecto.

Redacción de requerimientos

Posteriormente a la definición del contexto del proyecto, se continúa con la redacción de los requerimientos por parte del estudiante. No existe restricción relacionada con la cantidad de requerimientos definidos para cada proyecto. Para la evaluación actual se consideran 3 requerimientos establecidos por estudiantes del Instituto:

- **Contexto para IA:** El programa debe capturar información general del proyecto.

- **Definición de requerimientos:** El programa debe permitir la definición de los requerimientos del software.
- **Evaluación IA:** El programa debe evaluar cada requerimiento mediante la Inteligencia Artificial.

Una vez definidos los requerimientos se genera una pantalla que permita a la IA evaluarlos de acuerdo a los criterios de aceptación de requerimientos establecidos por el modelo de CMMI en el instituto (Figura 5).



Fuente: elaboración propia.

Figura 5 Pantalla de requerimientos de software.

Evaluación de requerimientos

Cada requerimiento puede evaluarse de forma individual. La IA analiza la redacción de acuerdo con los criterios de aceptación establecidos por el modelo CMMI, proporcionando retroalimentación que permite mejorar la claridad y la calidad del requerimiento. Por ejemplo, en el requerimiento “Definición de requerimientos”, la IA ofrece sugerencias específicas para mejorar la formulación y explica la razón del problema según los criterios de CMMI (Figura 6).

Una vez que todos los requerimientos han sido evaluados individualmente, la IA realiza una evaluación conjunta del proyecto, indicando si todos los requerimientos cumplen los criterios establecidos. Este proceso permite detectar inconsistencias generales y asegurar la congruencia entre los requerimientos antes de pasar a etapas posteriores del desarrollo. Finalmente, la herramienta proporciona retroalimentación inmediata sobre cada requerimiento mal redactado, permitiendo

al estudiante realizar mejoras al instante. Esto reduce significativamente el tiempo requerido para la revisión de requerimientos, que tradicionalmente podía durar varios días por equipo, a apenas unos minutos por proyecto.

****Conclusión:****

Para cumplir con los estándares CMMI, el requerimiento necesita ser ****desglosado en requerimientos más específicos y detallados****. En lugar de un único requerimiento, se deberían plantear varios, como:

- * REQ-001: El sistema deberá incluir un módulo de gestión de requerimientos.
- * REQ-002: El módulo de gestión de requerimientos permitirá la creación de nuevos requerimientos con los siguientes atributos: ID, descripción, tipo, prioridad, estado, asignado a, criterios de aceptación.
- * REQ-003: El módulo de gestión de requerimientos deberá permitir la verificación de conflictos entre requerimientos.
- * REQ-004: El módulo de gestión de requerimientos deberá permitir la trazabilidad entre requerimientos, diseño y pruebas.
- * REQ-005: El módulo de gestión de requerimientos deberá integrarse con [Sistema de gestión de proyectos/Base de datos, etc.].

En resumen, el requerimiento original es demasiado superficial y no cumple con los requisitos de un análisis de requisitos robusto según el modelo CMMI. Se necesita una descomposición en requerimientos más específicos y bien definidos para asegurar la calidad y la trazabilidad del proyecto.

Fuente: elaboración propia.

Figura 6 Pantalla de evaluación del requerimiento Número 2.

4. Discusión

En cuanto a las primeras pruebas observadas dentro del sistema se obtuvieron retroalimentaciones por parte de la Inteligencia Artificial acordes al tipo de proyecto que se pretende realizar, permitiéndonos implementar la herramienta a un ambiente no controlado, actualmente la aplicación se encuentra en uso por grupos de 5° semestre de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales; cabe resaltar que continuamos la medición de los resultados obtenidos en este ambiente no controlado.

Por otra parte, hemos observado un decremento considerable en el tiempo invertido por el profesor en turno, para la revisión de los proyectos en la fase inicial, debido a que la herramienta apoya en la evaluación de los requerimientos sin la necesidad del profesor junto al alumnado. Aunado a ello, la estandarización de la

retroalimentación por parte de la Inteligencia Artificial permite que los estudiantes tengan una respuesta con las mismas secciones sin importar el proyecto, con ello siempre se obtendrá una posible solución al requerimiento mal redactado y una razón de la respuesta otorgada, permitiendo al alumnado entender el motivo por el fallo en su redacción.

Para finalizar, se mantiene un historial de revisiones, el cual puede ser entregado al estudiante al finalizar la evaluación, con el objetivo que observe su evolución en su habilidad de redacción de requerimientos.

5. Conclusiones

La definición de requerimientos constituye una fase crítica en el ciclo de vida del software, y su omisión o tratamiento superficial en el ámbito educativo repercute negativamente en la calidad y dirección de los proyectos desarrollados por los estudiantes.

Este trabajo abordó dicha problemática mediante el desarrollo de una herramienta CASE que apoya la elaboración y evaluación de requerimientos funcionales, proporcionando retroalimentación inmediata basada en los criterios del modelo de calidad CMMI.

Los resultados obtenidos demuestran que la herramienta no solo facilita el proceso de definición de requerimientos, sino que también fomenta en los estudiantes la adquisición de buenas prácticas en la ingeniería de software desde las etapas iniciales del desarrollo. El enfoque metodológico empleado, que integra criterios de calidad, tecnologías web y técnicas de Inteligencia Artificial, ha mostrado ser replicable y escalable, lo que abre la posibilidad de su aplicación en diferentes contextos educativos e incluso en entornos profesionales.

Finalmente, la incorporación de un historial de revisiones dentro de la aplicación permitió dar seguimiento al progreso individual de los estudiantes, fortaleciendo el proceso de enseñanza-aprendizaje. Esta característica, junto con la retroalimentación automatizada, contribuye a que los futuros ingenieros desarrollen competencias clave en la gestión de requerimientos, incrementando las probabilidades de éxito en sus proyectos de software.

6. Referencias y Bibliografía

- [1] Arenas Sealey, C.E., Prieto Triana, C.E., & Chacón López, D. (2022). Ingeniería de requerimientos e inteligencia artificial: una revisión de la literatura. *Revista Colombiana de Tecnología de Avance*. Recuperado: <https://apolo.unab.edu.co/es/publications/ingenier%C3%ADa-de-requerimientos-e-inteligencia-artificial-una-revisi>
- [2] Flóres Muñoz, M., Jaramillo de la Torre, J., Pareja López, S., Herrera Sierra, S., Candela Uribe, C., (2024). Estudio comparativo de herramientas de generación de código por IA: Evaluación de calidad y análisis de desempeño. *Revista de Ciencia e Ingeniería*. ISSN: 2389-9484.
- [3] Gómez Cardona, José Daniel; Flórez Guzmán, Pedro Luis. “Desarrollo de una metodología para la interpretación y simplificación del modelo CMMI para desarrollo de software”. <https://repositorio.utp.edu.co/entities/publication/351d1da3-759e-432f-81b0-d71bc5ce086e/full>.
- [4] Jiménez Jaimes, Julanny Helena. “Modelado de elicitación de requerimientos por medio de técnicas formales y de inteligencia artificial para proyectos de software en el Centro Cedrum del SEN”. <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/4908>.
- [5] Pressman, R. S. (2014). *Ingeniería de software: Un enfoque práctico* (7.ª ed.). McGraw-Hill.
- [6] Ramos B., J. P. “Diseño de evaluaciones sumativas para el uso de la inteligencia artificial generativa en el proceso de aprendizaje del análisis de levantamiento de requerimientos”. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/29279/1/UPS-GT005922.pdf>.
- [7] Sanguino R., M. R.; Cuesta Q., B. “La inteligencia artificial en la ingeniería de requerimientos: un estudio de mapeo sistemático”. <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/1204/900>.
- [8] Sommerville, I. (2016). *Ingeniería de software* (10.ª ed.). Pearson Educación.
- [9] Yuan, Rebeca; Salgado, Carlos Humberto; Sánchez, Alberto; Peralta, Mario. “Metamodelo ontológico como garantía de calidad en el desarrollo de software”. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/77127>.